COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 FÉVRIER 1840.

PRÉSIDENCE DE M. POISSON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Nouvelles Recherches concernant l'action de la garance sur les os; par* M. FLOURENS.

« Antoine Mizaud, médecin de Paris, paraît être le premier qui, vers le milieu du seizième siècle, ait remarqué l'action singulière de la garance sur les os. Mais il faut avouer que cette observation curieuse de Mizaud, d'ailleurs à peine indiquée par lui (1), dont il ne tira aucun résultat, qui ne fut pour lui l'occasion d'aucune recherche, était entièrement oubliée, lors-

(1) Voici tout ce que dit Mizaud : *Erythrodanum, vulgò rubia tinctorum dictum, ossa pecudum rubenti et sandycino colore imbuit, si dies aliquot depastæ sint oves, etiam intacta radice, quæ rutila existit. Res ea similiter perspici potest in carnibus hujus pecoris elixis et assatis. Nam rubicundæ apparent, sicuti etiam ova in decocto ejus radicis elixata : putamine enim rubello non minùs hinc vestiuntur, quàm si cum ramentis et præsegminibus brasiliani ligni perocta essent, vel cum radicibus anchusæ.*
Antonii Mizaldi, memorabilium, sive arcanorum omnis generis, etc., Centuriæ, p. 161. 1572.

que, plus d'un siècle et demi après, Belchier et Duhamel appelèrent sur le fait important dont il s'agit l'attention des anatomistes.

» Tout le monde sait que Belchier, chirurgien de Londres, dînant un jour chez un teinturier en *toiles peintes*, s'aperçut que les os d'un morceau de porc frais étaient rouges. Or l'animal dont les os offraient cette couleur rouge avait été nourri avec du son chargé de l'infusion de garance employée pour la teinture des *toiles peintes*. Le fait de l'action de la garance sur les os, fait peut-être encore aujourd'hui unique en son genre, fait perdu depuis Mizaud, était donc retrouvé, et retrouvé, comme on voit, par un pur hasard.

» Cependant la garance employée par les teinturiers, ne l'était pas seule. Il fallait donc, pour se bien assurer de l'action propre de cette substance, commencer par la dégager de toute autre; et c'est ce que fit Belchier.

» Il mêla de la racine de garance en poudre aux aliments dont il nourrit un coq. Au bout de seize jours, cet animal mourut; et tous ses os se trouvèrent rouges. Et les os seuls : les muscles, les membranes, les cartilages, toutes les autres parties, conservaient leur couleur ordinaire (1). C'est donc la garance, et la garance seule, qui rougit les os; et, ce qui n'est pas moins remarquable, elle ne rougit que les os.

» Les choses en étaient là, lorsque Duhamel, dont on connaît le goût pour les faits curieux et le talent admirable pour les expériences, fut instruit de celle de Belchier. Il s'empressa de la répéter sur des poulets, sur des pigeons, sur des cochons; il vit partout la garance rougir les os, ne rougir que les os; et cette action constante, cette action exclusive de la garance sur les os, fut désormais un fait acquis à la science.

» Dans les animaux qui avaient été soumis au régime de la garance, dit Duhamel: « ni les plumes, ni la corne du bec, ni les ongles, n'avaient » changé de couleur... La peau de tout le corps avait sa couleur natu» relle; le cerveau, les nerfs, les muscles, les tendons, les cartilages, les » membranes, n'offraient rien de contraire à l'état ordinaire de ces parties. » Mais les longs tendons osseux qui se prolongent le long du gros os qu'on » appelle improprement la *jambe des oiseaux*, étaient rouges vers le mi» lieu de leur longueur, qui en est la partie la plus dure. Tous les vrais os, » même les plus déliés, étaient rouges comme du carmin (2). »

---

(1) *Philosoph. Trans.*, vol. 39, 1736.

(2) *Mém. de l'Acad. des Sciences*, 1739.

» Il ajoute : « Le cœur, le poumon, la plèvre, se sont trouvés de leur » couleur naturelle. Il n'y avait rien de remarquable au foie, aux reins, » non plus qu'à l'extérieur du gésier... La veloutée du jabot et des intes- » tins paraissait d'abord comme injectée; cependant en l'examinant avec » une loupe, je vis distinctement que ce n'était pas une liqueur teinte qui » fût contenue dans des vaisseaux, mais que c'était simplement une espèce » de fécule arrêtée dans le velouté de ces membranes (1). »

» Tels sont les premiers faits vus par Duhamel, et revus depuis par tous les physiologistes (Haller, Detlef, J. Hunter, etc., etc.) qui ont répété ses expériences. La garance n'agit donc ni sur les viscères, ni sur les muscles, ni sur les membranes, ni sur les cartilages, ni sur les tendons, etc.; elle n'agit que sur les os, mais elle agit sur tous les os; et nul point d'ossification, quelque délié qu'il soit, quelque isolé qu'il soit du reste du système osseux, n'échappe à son action.

» Mais Duhamel ne s'en tint pas à ces premiers faits. Ayant remis au régime ordinaire quelques animaux dont les os étaient déjà devenus rouges par le régime de la garance, ces os lui parurent se décolorer et redevenir blancs; il en conclut que « le changement de nourriture faisait évanouir leur » couleur (2). » Une observation plus approfondie le détrompa. Dans ces os étudiés par Duhamel, la couleur rouge n'avait pas disparu; seulement les couches rouges de l'os se trouvaient recouvertes par des couches blanches, des couches blanches étaient venues se placer sur les couches rouges. Ainsi, par exemple, les os de jeunes animaux, de jeunes cochons, soumis alternativement au *régime de la garance* et au *régime ordinaire* (3), lui offrirent alternativement des couches rouges et des couches blanches (4): fait capital, et première base, comme on le verra plus loin, de sa théorie sur le développement des os.

» C'est cette théorie célèbre de Duhamel sur le développement des os, tour à tour admise ou combattue par les physiologistes, que je me suis proposé d'examiner de nouveau, et dans tous les faits qui la constituent. Or, de tous les faits vus par Duhamel, ceux qu'il a dus à l'action de la garance sont, sans contredit, les plus importants; et c'est aussi par ceux-là que j'ai commencé.

---

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1739.

(2) *Ibid.*

(3) C'est-à-dire à la nourriture mêlée de garance et à la nourriture ordinaire.

(4) *Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1742.

» J'ai soumis tout à la fois à mes expériences des oiseaux et des mammifères. Les expériences sur les mammifères feront l'objet d'un second Mémoire. Je ne parle aujourd'hui que de celles sur les oiseaux.

» Ces expériences sur les oiseaux, dont je mets les principaux résultats sous les yeux de l'Académie, ont été faites comparativement avec la *garance d'Alsace*, *la garance d'Avignon* et l'*alizarine*; et, pour être plus sûr des substances que j'employais, c'est à notre savant confrère M. Robiquet que je les ai demandées.

» Dans les deux expériences qui suivent, la garance a été mêlée en poudre aux aliments ordinaires de l'animal; et c'est ce mélange de la garance avec les aliments ordinaires, que j'appelle *régime de la garance*. J'avertis aussi que les pigeons dont je me suis servi, et pour les deux expériences qui suivent, et pour toutes les autres, étaient de très jeunes pigeons, des pigeons de deux à trois semaines au plus.

» La pièce n° 1 est le squelette d'un pigeon qui a été soumis pendant quatorze jours *au régime de la garance d'Avignon*. Les os sont d'un beau rouge, mais d'un rouge bien moins foncé que ceux du squelette n° 2.

» Cependant ce squelette n° 2 est celui d'un pigeon qui n'a été soumis au *régime de la garance d'Alsace* que pendant six jours. Et cette moindre intensité d'action de la *garance d'Avignon*, par rapport à la *garance d'Alsace*, s'est reproduite dans toutes mes expériences. Il m'a toujours fallu un temps plus long et une dose de substance plus forte pour obtenir un résultat déterminé avec la *garance d'Avignon* qu'avec la *garance d'Alsace*; et même, comme on en voit un exemple dans les deux pièces que je présente à l'Académie, le résultat définitif a toujours été moins prononcé avec la *garance d'Avignon* qu'avec la *garance d'Alsace*.

» La pièce n° 3 est le squelette d'un pigeon dont les aliments ont été mêlés, pendant deux jours, avec de l'*alizarine* (1). L'animal n'a pris, en tout, que deux ou trois grammes à peu près (2) d'*alizarine*, et ses os néanmoins sont très rouges, quoique d'un rouge moins foncé, plus terne, que ceux du pigeon soumis au *régime* de la *garance d'Alsace*, lequel, à la vérité, a été soumis à ce *régime* de la *garance d'Alsace* pendant six jours.

» Enfin la pièce n° 4 est le squelette d'un animal dont les aliments ont été

---

(1) *Extrait alcoolique de garance en poudre.*

(2) Je dis *à peu près*; car, quelque attention qu'on y mette, il se perd toujours beaucoup de matière. Il en reste aux parois du vase dont on se sert; on en laisse tomber en gorgeant l'animal; souvent on en retrouve dans le jabot, etc., etc.

mêlés, pendant un jour seulement, avec de l'*alizarine* (1); et les os, quoique moins rouges encore que dans le pigeon précédent, sont néanmoins d'un rouge très prononcé.

» Dans les expériences qui précèdent, la garance n'avait été donnée à l'animal que mêlée avec les aliments ordinaires. La pièce n° 5 est le squelette d'un pigeon à qui la *garance d'Alsace* a été donnée seule. L'animal en a pris quarante grammes en deux repas, de vingt grammes chacun. Pendant les premières 24 heures, il n'y a point eu d'effet sur les os (2); le jabot et l'œsophage étaient fortement contractés, et à ce point qu'il a été impossible, pendant assez long-temps, de faire boire l'animal. Ce pigeon est mort au bout de 52 heures. Ses os sont d'un rouge très foncé.

» J'ai fait conserver, dans tous ces squelettes, les cartilages, les ligaments, des portions de périoste. On ne peut se lasser d'admirer cette précision avec laquelle la *garance* atteint, découvre, décèle toutes les parties osseuses, et respecte toutes les autres. Tous les os sont rouges, et les os seuls; les ligaments, les tendons, les cartilages, conservent leur couleur ordinaire. Dans chaque os, tout ce qui est encore cartilage garde sa couleur ordinaire; dans chaque cartilage, tout ce qui déjà est os a pris la couleur rouge.

» Les pièces n° 6 et 7 sont l'os hyoïde, le larynx et la trachée-artère de deux pigeons; la pièce n° 6 appartient au pigeon soumis à la *garance d'Avignon*, et la pièce n° 7 au pigeon soumis, pendant deux jours, à l'*alizarine*. Toutes les parties de l'hyoïde, d'ailleurs si fines et si déliées dans ces jeunes pigeons, sont teintes du plus beau rouge. Dans le larynx, la plaque osseuse antérieure, qui répond au cartilage thyroïde des mammifères, est également du plus beau rouge; enfin, tout ce qu'il y a de points d'ossification dans les anneaux de la trachée-artère, et particulièrement dans les deux derniers, voisins de la bifurcation des bronches, est aussi très rouge.

» Et voici quelque chose de plus curieux encore. Je disais tout-à-l'heure, d'après Duhamel, que, les os mis à part, aucune partie ne se colore, ni les viscères (le cœur, les poumons, le foie, les reins, etc.), ni les muscles, ni les membranes, ni les cartilages, ni les tendons, etc.; et ce que je disais, d'après Duhamel, toutes mes expériences le vérifient.

» Cependant Duhamel avait cru apercevoir un commencement de coloration dans quelques parties de l'œil. « Les yeux de ces animaux (soumis

---

(1) *Extrait alcoolique de garance hydraté.*

(2) Je suis, dans mes expériences, les effets de la garance, en découvrant, de temps en temps, quelque point d'un os superficiel, des os de l'avant-bras, par exemple.

» au régime de la garance), les yeux de ces animaux encore vivants, dit-il, » paraissent rouges comme ceux de quelques perroquets. Je crus, ajoute-» t-il, après les avoir disséqués, qu'il n'y avait de teint que la capsule, ou » plutôt le châton qui reçoit le cristallin. . . (1). »

» J'ai vu aussi dans tous les pigeons, soumis au *régime de la garance,* un cercle rouge autour de l'iris; et la dissection m'en a bientôt révélé le siége. Ce cercle qui se colore en rouge, et qui est la seule partie de l'œil qui se colore en rouge (car ni le cristallin, ni sa capsule, ni le corps vitré, ni sa membrane, etc., ne changent jamais de couleur), est ce cercle de petites pièces osseuses qui, dans l'œil des oiseaux, se trouve entre les deux lames de la partie antérieure de la cornée. Aussi les yeux des mammifères, soumis à l'action de la garance, n'offrent-ils jamais de cercle rouge, parce qu'en effet il n'y a pas de cercle osseux dans leur cornée.

» Les pièces 8 et 9 montrent, sur plusieurs yeux de pigeons, le cercle osseux de la cornée devenu rouge par l'action de la garance.

» Nous pouvons donc conclure aujourd'hui, et avec plus de certitude encore que Duhamel, que dans les animaux nourris avec la garance, les os seuls se colorent, mais que tout ce qui est os, quelque fin, quelque délié, quelque délicat qu'il soit, se colore.

» Je passe à des considérations d'un autre genre. Belchier avait vu les os d'un coq, soumis au *régime de la garance*, devenir rouges au bout de seize jours; et cette promptitude d'action l'avait étonné. Duhamel ne tarda pas à reconnaître qu'il faut bien moins de temps pour rougir les os. Il obtint des os très rouges en trois jours; il en obtint d'un *rose vif* en trente-six heures, et de *couleur de chair*, je me sers de ses expressions, en vingt-quatre heures.

» Les pièces n° 10 et 11, que je mets sous les yeux de l'Académie, offrent, sous ce rapport, des résultats plus frappants encore.

» La pièce n° 10 est le squelette d'un pigeon qui n'a fait qu'un seul repas de *garance d'Alsace,* et que je n'ai laissé survivre que vingt-quatre heures à ce repas unique. Cependant tous les os sont du rouge le plus vif.

» La pièce n° 11 est le squelette d'un pigeon qui n'a fait aussi qu'un seul repas de *garance;* et que, de plus, je n'ai laissé survivre que cinq heures à ce repas. Les os sont un peu moins rouges que ceux du précédent; et cependant ils sont encore très rouges. J'ajoute que l'animal n'a pris, dans son repas unique, que six grammes de garance.

---

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences,* 1739.

» Ainsi, pour que la garance ait parcouru toutes les voies organiques de la nutrition, pour qu'elle ait pénétré, pour qu'elle se soit incorporée dans le tissu intime des parties, et jusque dans les os, c'est-à-dire jusque dans les parties les plus profondes de l'économie, il n'a fallu que cinq heures de temps.

» Je rappelle que ces résultats ont été obtenus sur des pigeons de deux à trois semaines au plus. Les résultats les plus prompts l'ont été sur des pigeons de quinze à seize jours. Des pigeons adultes, au contraire, offrent à peine un commencement de coloration après plusieurs jours du *régime de la garance*, et toujours l'effet de la garance est d'autant plus faible que l'animal est plus vieux, et, par conséquent, que son *ossification* est terminée depuis plus long-temps. De vieux pigeons, après dix-huit, et même vingt-deux jours du *régime de la garance*, ne m'ont offert, dans leurs os, aucune trace de coloration.

» Mes expériences sur les mammifères feront, ainsi que je l'ai annoncé, l'objet d'un second Mémoire. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Mémoire sur la loi des substitutions et la théorie des types ; par* M. DUMAS.

« Dans ce Mémoire, je me propose d'exposer et de discuter diverses règles et leurs conséquences qui ont si souvent fait l'objet de communications graves devant l'Académie, que je regarderais comme inutile de réclamer sa bienveillante attention, si les développements dans lesquels j'ai dû entrer ne lui avaient donné une longueur inusitée. Mais l'Académie me pardonnera, quand elle connaîtra l'importance et la variété des questions que j'ai été forcé d'y réunir, et qui sont les suivantes :

» 1°. Dans toute combinaison, peut-on remplacer équivalent à équivalent les éléments par des corps simples ou par des corps composés qui en jouent le rôle?

» 2°. Ces substitutions ne s'effectuent-elles pas souvent, sans que la nature générale du composé en soit altérée; les corps ainsi produits appartenant alors au même *type chimique* que ceux d'où ils dérivent?

» 3°. En d'autres cas, ces substitutions peuvent-elles fournir des produits entièrement distincts par leurs réactions de ceux qui leur ont donné naissance, et convient-il alors néanmoins de les considérer comme appartenant au même *type moléculaire*?

» 4°. La nomenclature des substances organiques peut-elle, dès à présent, être remaniée de telle façon que le nom de chaque corps exprime le type chimique, ou même le type moléculaire auquel il appartient?

» 5°. Les phénomènes de substitution nous obligent-ils à modifier profondément la valeur attachée jusqu'à ces derniers temps aux radicaux organiques?

» 6°. Le rôle électrique attribué aux éléments des composés par la théorie électro-chimique, n'est-il pas en complète contradiction avec les phénomènes des substitutions?

» Je vais soumettre successivement chacune de ces questions à un examen attentif, en m'attachant à ce qu'elles ont de général et d'élevé, sans entrer dans des détails techniques qui trouveront leur place dans des Mémoires spéciaux.

LOI DES SUBSTITUTIONS.

» Il y a quelques années, M. Gay-Lussac mentionnait dans ses cours une expérience fort simple, qui est devenue le point de départ d'une immense suite de recherches et de découvertes. En traitant la cire par le chlore, disait l'illustre professeur, j'ai vu cette substance perdre de l'hydrogène et prendre précisément un volume de chlore pareil à celui de l'hydrogène enlevé.

» De mon côté, j'avais soumis à de semblables épreuves l'essence de térébenthine, et je m'étais convaincu, ainsi que l'a revu récemment M. Deville, qu'elle perd facilement 8 vol. d'hydrogène et qu'elle prend à la place 8 vol. de chlore, constituant ainsi le composé $\frac{C^{40}H^{24}}{Ch^{8}}$, dérivation de l'essence primitive $C^{40}H^{32}$.

» En même temps, j'avais étudié la composition de quelques produits extraordinaires, provenant de l'alcool, savoir : le chloral, le chloroforme, le bromoforme, l'iodoforme, dont je donnai une analyse exacte et dont j'essayai d'expliquer la formation.

» C'est à l'occasion de ce travail que la loi des substitutions fut développée pour la première fois. Mais comme on croyait alors que certaines matières organiques et l'alcool en particulier renfermaient de l'eau toute formée, la loi des substitutions, telle que je la présentai d'abord, faisait jouer à cette eau un rôle qui donna lieu à beaucoup d'objections. Revenir en détail sur ce point serait sans intérêt aujourd'hui, car les chimistes qui admettent la réalité des substitutions, ont pour la plupart renoncé à supposer l'existence de l'eau toute formée dans les composés où ces substitutions s'observent (1).

(1) On remarquera pourtant que lorsque j'avais admis que le chlore décomposait cette

» Quoique le rôle que j'avais attribué à l'eau puisse se concilier avec les phénomènes généraux de la chimie, comme il est devenu inutile maintenant, il faut borner la loi des substitutions d'alors à l'expression suivante :

» Quand on traite une substance organique hydrogénée par le chlore, le brome, l'iode ou l'oxigène, etc., ces corps lui enlèvent généralement de l'hydrogène, et pour un équivalent d'hydrogène enlevé, il se fixe un équivalent de chlore, de brome, d'iode ou d'oxigène, dans le composé.

» Ce phénomène est-il général? a-t-il un caractère qui lui soit propre? C'est ce que nous allons examiner.

» Tout le monde sait maintenant que dans l'action réciproque des corps on observe certaines relations pondérales, et qu'il ne suffit pas de dire que le soufre, l'oxigène se combinent ou agissent sur le zinc, le plomb, mais qu'il faut dire que des masses de soufre pesant 201 et d'oxigène pesant 100, agissent ou se combinent avec des masses de zinc pesant 403, et de plomb pesant 1294. Ces masses sont les équivalents chimiques; toute action chimique se passe entre elles ou entre leurs multiples.

» Or, dire que dans un composé organique, un équivalent d'hydrogène peut être soustrait et remplacé par un équivalent de chlore, c'est évidemment énoncer une loi parfaitement en harmonie avec la loi générale de l'action réciproque des corps par équivalents. Chacun comprend que si un corps cristallisé pouvait en produire un autre, également cristallisé, en perdant de l'hydrogène et gagnant du chlore, qui ne pussent pas se représenter par des équivalents, il faudrait en conclure que la théorie des équivalents est fausse. La loi des substitutions doit donc être d'accord avec la théorie des équivalents, comme le rappelle, du reste, l'expression générale qu'on lui a donnée.

» Mais de là à dire que la loi des substitutions n'a aucun caractère propre, qu'elle n'est qu'un cas particulier de la théorie des équivalents, il y a ou une équivoque ou un pas immense. Que ce pas ait été franchi lorsque la loi des substitutions venait d'être énoncée, que rien ne permettait d'en prévoir

---

eau, s'emparait de l'hydrogène et laissait l'oxigène dans le composé, j'avais fait une supposition très logique. Un cas analogue se présente quand le benzoate d'argent, décomposé par le brome, donne du bromure d'argent, et que l'oxigène de l'oxide se fixe sur l'acide benzoïque.

Quand j'avais ajouté que l'oxigène lui-même pouvait décomposer l'eau fixée dans les composés, je m'étais guidé sur la théorie de la cémentation où l'on admet que le fer décompose le carbure de fer.

la cause, de la rattacher à un principe théorique, je le conçois sans peine. Aussi n'y a-t-on pas manqué, et parmi les objections des chimistes allemands contre la loi des substitutions, celle-là figure toujours en première ligne. Les savants qui, il y a quelques années, l'envisageaient de cette manière, en avaient le droit sans doute, mais ils devaient être bien surpris de voir tant de gens habiles s'obstiner à lui trouver un caractère spécial.

» Pour mon compte, si j'ai cru à l'avenir de la loi des substitutions, à son importance, il y a cinq années, quand j'étais seul à la défendre, on ne s'attend pas que je puisse changer d'avis, quand le chimiste le plus éminent de l'Angleterre, M. Graham, l'adopte sans restriction; quand M. Liebig, après l'avoir vivement critiquée, l'accepte aujourd'hui comme une convenance de la science, quand tant de travaux, entrepris souvent pour la combattre, sont venus, dans cette enceinte même, lui donner une entière consécration; quand enfin, loin de voir dans la loi des substitutions un simple fait d'expérience, nous pouvons remonter à sa cause maintenant.

» Ainsi, dire, comme l'a fait M. Pelouze, que le phénomène des substitutions, quand il s'observe, n'est qu'un cas particulier de la théorie des équivalents, c'est annoncer comme une nouveauté deux choses parfaitement connues, savoir : la première, que dans l'action de deux corps, il n'y a pas toujours substitution; la seconde, que lorsqu'elle s'effectue, c'est par équivalents qu'elle a lieu. Ce qui n'empêche pas le phénomène des substitutions de posséder un caractère spécial, de constituer un cas tellement particulier de l'action chimique, qu'il fallait absolument le distinguer de tout autre, ce que j'ai fait.

» Pour se convaincre que le phénomène des substitutions n'est pas général, il n'y a pas besoin de nouveaux faits, il suffit de lire mon Mémoire sur l'acide chloracétique, si souvent cité depuis quelque temps. On y voit qu'outre l'acide chloracétique produit par substitution au moyen de l'action du chlore sur l'acide acétique, il se développe de l'acide oxalique, de l'acide carbonique, dont on ne voit pas comment la production par substitution pourrait s'expliquer, du moins pour le moment.

» Bien mieux, il suffit de jeter un coup d'œil sur mon Mémoire relatif à l'indigo : on y voit que l'indigo blanc, sous l'influence de l'oxigène, perd un équivalent d'hydrogène sans rien gagner. Il n'y a donc pas là de substitution, je m'en suis convaincu. Plus tard, MM. Liebig et Wöhler ont observé des faits de la même nature dans leurs belles recherches sur l'acide urique. Tout récemment, M. Kane en a retrouvé de tels dans les matières colorantes du tournesol.

» Ainsi, le phénomène des substitutions n'est pas général; bien mieux, c'est là un de ses caractères les plus essentiels, comme on va le voir tout-à-l'heure.

» Non-seulement il n'est pas général, parce qu'un corps peut, sous l'influence de l'oxigène, perdre de l'hydrogène sans rien gagner, mais encore il n'est pas général par la raison contraire. Le gaz oléfiant, par exemple, peut, en perdant 4 équivalents d'hydrogène, en prendre 6 de chlore, tout le monde le sait. Quelqu'un qui n'aurait pas analysé tous les degrés intermédiaires de cette action, comme l'a fait M. Regnault, aurait donc trouvé, en comparant le premier et le dernier terme, la loi des substitutions en défaut.

» Aujourd'hui, cela s'explique et se conçoit sans peine, quand on dit que si l'indigo blanc perd de l'hydrogène sans rien gagner, il passe à un type moléculaire nouveau; quand on sait que le gaz oléfiant peut produire un chlorure de carbone du même type que lui, et, par une nouvelle addition de chlore, un nouveau chlorure d'un type différent. Ainsi, la loi des substitutions s'observe quand les corps conservent leur type initial; elle n'est plus applicable dans le cas contraire; et, par cela même, elle sert à distinguer les corps qui ont conservé leur type moléculaire de ceux qui l'ont perdu.

» Mais il n'est pas nécessaire de recourir à cette explication que le desir d'être clair me fait donner en passant, pour justifier la nécessité de distinguer la loi des substitutions des autres réactions chimiques.

» La loi des substitutions exprime que dans un corps organique, on peut enlever 1, 2, 3 équivalents d'hydrogène, les remplacer par 1, 2, 3 équivalents de chlore, de brome, d'iode ou d'oxigène. Elle indique que ces substitutions donneront naissance à des corps nouveaux dont il est souvent possible de prévoir les propriétés. Elle annonce que ces réactions sont les plus faciles que le corps puisse subir, les plus fréquentes, les moins altérantes.

» Avant que la loi des substitutions eût été énoncée, personne n'aurait pu prévoir comment se comporterait un corps hydrogéné, sous l'influence du chlore ou de l'oxigène. Aujourd'hui tout le monde le sait, et tel chimiste exécute en quelques jours, au moyen de ce guide, des travaux qui eussent exigé des années de travail avant qu'on eût appris à s'en servir.

» Demandez à la théorie des équivalents, ce qui doit arriver quand on soumet l'éther à l'action du chlore, et à coup sûr elle vous répondra qu'elle n'en sait rien, ou bien, ce qui revient au même, elle vous fera connaître une centaine de cas possibles, entre lesquels vous choisirez.

» Car l'éther peut perdre successivement les cinq équivalents d'hydrogène qu'il renferme sans rien gagner, ce qui donne cinq corps nouveaux;

» Car il peut, sans rien perdre, absorber 1, 2, 3, 4, 5, et bien plus encore d'équivalents de chlore; ce qui fait dix, vingt, trente corps nouveaux, si l'on veut;

» Car il peut en perdant un seul, ou bien deux, ou bien trois équivalents d'hydrogène, absorber des équivalents de chlore plus ou moins nombreux, et dans cette troisième hypothèse, la somme des composés deviendrait presque innombrable.

» Enfin, on tomberait dans des variétés de combinaisons presque infinies, si l'on ajoutait que l'oxigène de l'éther peut être éliminé, soit libre, soit sous forme d'eau, soit sous forme d'acide carbonique.

» Ainsi, la théorie des équivalents vous annonce la production d'une quantité prodigieuse de composés; pourvu que les matières que l'éther perd et celles qu'il gagne se représentent par des équivalents, elle est satisfaite.

» Il n'en est pas ainsi de la loi des substitutions. Pour elle, quand l'éther perd de l'hydrogène, il doit gagner du chlore. Il n'y a donc que cinq composés possibles, dont la composition est parfaitement prévue,

C^4	C^4	C^4	C^4	C^4	C^4,
H^5	H^4Ch	H^3Ch^2	H^2Ch^3	HCh^4	Ch^5,
O	O	O	O	O	O.

» Parmi eux, trois sont déjà connus, et il n'y a pas le plus petit risque à courir quand on prédit la découverte probable des deux autres.

» La loi des substitutions voit donc dans ces cinq composés des modifications *les plus prochaines, les plus nécessaires* de l'éther. La théorie des équivalents y voit des modifications quelconques plus ou moins *possibles*. L'une dit : ces cinq corps doivent se former les premiers, très aisément et très abondamment; l'autre disait : ils peuvent se former et beaucoup d'autres avec eux.

» S'agit-il de l'acide acétique, la théorie des équivalents viendrait encore annoncer la formation possible de composés si nombreux, que rien ne saurait guider l'observateur. La loi des substitutions, plus précise, prévoit et prédit qu'en perdant 1, 2, 3 équivalents d'hydrogène, l'acide acétique prendra 1, 2, 3 équivalents de chlore, et produira ainsi trois composés nouveaux. L'un d'eux constitue l'acide chloracétique proprement dit.

» Entre une multitude de réactions possibles et à peu près également prévues par la théorie des équivalents, la loi des substitutions démêle donc

avec certitude celles qui vont se produire; elle les prévoit, les prédit, et jusqu'ici son secours a été d'une efficacité vraiment inappréciable.

» Comment, sans elle, aurait-on été conduit à démêler de suite quatre ou cinq produits mélangés, différant à peine les uns des autres, dans quelques réactions récemment étudiées. Ailleurs comment se serait-on aperçu qu'on n'avait point épuisé l'action qu'on voulait produire, si les formules, par l'impossibilité de les faire cadrer avec la loi des substitutions, n'en eussent averti l'observateur.

» Qu'on me permette une comparaison tirée d'un ordre d'idées vulgaires. Mettons-nous à la place d'un homme qui verrait jouer aux échecs, sans avoir la moindre connaissance de ce jeu. Il remarquerait bientôt, qu'il faut se servir des pièces du jeu selon des règles déterminées. En chimie, les équivalents sont nos pièces et la loi des substitutions une des règles qui président à leur marche. Et de même que dans la marche oblique des pions, il faut qu'un pion se substitue à l'autre, de même, dans les phénomènes de substitution, il faut qu'un élément se substitue à un autre. Ce qui n'empêche pas le pion de se porter en avant sans rien prendre, comme la loi des substitutions n'empêche pas un élément d'agir sur un corps sans y rien déplacer ou remplacer.

» Comment croire que la connaissance des règles qui président au jeu des pièces de notre échiquier soit inutile pour expliquer les coups qui se présentent, pour prévoir ceux qui vont naître des rapports des diverses pièces, des divers agents mis en contact?

» Ce sont ces prévisions toujours justifiées par l'expérience qui caractérisent la loi des substitutions. Si elle se lie à la théorie des équivalents, c'est que tout phénomène chimique se représente par des équivalents et que les faits de substitution sont des phénomènes chimiques; c'est que tout évènement possible en chimie se traduit en équivalents, et qu'après tout il faut bien qu'un fait *vrai* soit un fait *possible*. De même que le possible comprend le vrai, de même et pas autrement, la théorie des équivalents comprend la loi des substitutions.

» Jusqu'ici, j'ai raisonné comme si la loi des substitutions ne s'appliquait réellement qu'au remplacement de l'hydrogène qui en a fourni les premiers exemples. Mais, les chimistes savent que dans une substance organique, non-seulement on peut remplacer l'hydrogène, mais aussi l'oxigène, l'azote, comme il est facile d'en citer de nombreux exemples.

» Bien plus, on peut faire subir de véritables substitutions au carbone, ce qui montre assez combien serait artificielle cette classification des subs-

tances organiques qui reposerait uniquement sur la permanence du nombre des équivalents de carbone dans tous les composés de la même famille.

» Dans un composé organique, tous les éléments peuvent donc être successivement déplacés et remplacés par d'autres. Ceux qui disparaissent le plus aisément, abstraction faite de certaines conditions de stabilité qu'on ne sait pas encore prévoir, sont ceux dont les affinités sont les plus énergiques. Voilà pourquoi l'hydrogène est des plus aisés à soustraire et à remplacer; voilà pourquoi le carbone est un des plus rebelles, car nous connaissons peu de corps qui puissent agir sur le charbon et non sur l'hydrogène.

» J'ajoute enfin que la loi des substitutions permet non-seulement de prévoir la disparition de certains ou de tous les éléments du composé organique et leur remplacement par des éléments nouveaux, mais aussi l'intervention au même titre de certains corps composés.

» Ainsi, le cyanogène, l'oxide de carbone, l'acide sulfureux, le bioxide d'azote, la vapeur nitreuse, l'amidogène et bien d'autres groupes composés, peuvent intervenir comme le feraient des éléments, prendre la place de l'hydrogène et donner naissance à de nouveaux corps.

» La loi des substitutions est donc une source presque inépuisable de découvertes. Elle guide la main du chimiste qui s'y confie; elle redresse ses fautes en lui en montrant la cause; et parmi une multitude de réactions possibles mais incertaines, elle en désigne quelques-unes qui sont prochaines, faciles à produire et du plus haut intérêt.

» Cet avenir si riche de faits réalisables, si plein de découvertes accessibles, que la loi des substitutions dévoile aux yeux du chimiste, justifie un mot de M. Ampère, cet ami si cher, au cœur si bienveillant et à l'esprit si riche en aperçus délicats. Comme je lui parlais de la loi des substitutions, il voulut tout d'abord, lui aussi, la confondre avec les réactions équivalentes ordinaires; mais quand j'eus développé les vues bien incomplètes encore que j'essayais déjà d'y rattacher, Ah! mon ami, me dit-il, que je vous plains, vous venez de trouver du travail pour toute votre vie!

» Prédiction qui se serait réalisée, si tant d'esprits élevés s'emparant de la loi des substitutions, ne lui eussent donné un essor qui rend ma part de travail bien peu nécessaire.

» Considérée en elle-même, la loi des substitutions offre donc une importance pratique bien suffisante pour justifier la nécessité de la distinguer des actions plus générales de la chimie.

» Mais cette distinction devient bien autrement nécessaire, quand à cette espèce d'instinct qui conduisait à l'envisager dès l'abord comme une loi de la nature, succède la certitude à peu près complète qu'elle se lie à l'un des phénomènes les plus mystérieux et les plus importants de la science.

» Je veux parler de l'existence de ces types chimiques, capables, sans se détruire, d'éprouver les transformations les plus singulières et dont tous les éléments pourraient successivement disparaître, remplacés par d'autres. Je veux parler de ces types organiques dont l'admission dans le domaine de la chimie organique m'a paru désormais inévitable par suite des expériences les mieux caractérisées qui aient été suggérées par la loi des substitutions.

» Ainsi, l'acide acétique pouvant se convertir en acide chloracétique par l'action du chlore, sans perdre en rien sa capacité de saturation, j'ai envisagé l'acide chloracétique qui en résulte comme de l'acide acétique dans lequel l'hydrogène avait été remplacé par du chlore; ces deux corps m'ont paru appartenir à un même type, à un même genre.

» Or, quand j'ai établi, il y a cinq ans, l'analogie de l'iodoforme, du bromoforme, du chloroforme et de l'acide formique anhydre, quand j'ai ajouté que l'iode, le brome, le chlore, l'oxigène pourraient être remplacés par des corps électro-négatifs, tels que le soufre, le phosphore et l'arsenic, personne n'a élevé la moindre difficulté; cette série de formules est entrée dans la science sans obstacle.

» C'est donc parce que le développement de l'expérience a conduit à regarder le chlore et l'hydrogène comme susceptibles de se remplacer l'un l'autre dans un composé, que certaines convictions se révoltent. Nous sommes donc conduits à examiner ce que l'on doit entendre par *type organique* et à débattre ce point, par exemple : l'iode, le brome, le chlore, l'oxigène pouvant se remplacer dans un composé sans détruire son type, peut-on refuser ce rôle à l'hydrogène? En d'autres termes l'iodoforme, le bromoforme, le chloroforme, l'oxiforme étant admis comme espèces d'un même genre, peut-on refuser ce caractère à l'hydroforme, c'est-à-dire au gaz des acétates, parce qu'il renferme de l'hydrogène et non plus un corps électro-négatif?

» Avant de rappeler mon opinion, qui est bien connue, du reste, il est nécessaire de faire bien comprendre les trois points qui font difficulté et qui sont la définition des types chimiques, celle des propriétés fondamentales et la confusion du rôle de l'hydrogène et du chlore dans les corps.

» Préoccupé depuis long-temps de la nécessité d'établir une bonne classification naturelle des corps organiques, j'en ai cherché les bases dans leurs principaux caractères. La découverte de l'acide chloracétique a été pour moi l'occasion de développer une vue de cette nature. L'acide acétique et l'acide chloracétique comme corps distincts constituent deux espèces, que j'ai classées en un même genre, en raison de l'analogie de leurs propriétés fondamentales et de l'identité de leurs formules.

» Je propose de réunir ainsi en un même genre tous les composés qui réunissent des formules identiques à des propriétés chimiques semblables.

» Le chloroforme, le bromoforme, l'iodoforme constituent un genre;

» Le gaz oléfiant et les divers produits chlorés qui en dérivent en constituent un autre;

» L'acide acétique et l'acide chloracétique en représentent un troisième, etc.,

» Je range donc en un même genre, ou, ce qui revient au même, je considère comme appartenant au même type chimique *les corps qui renferment le même nombre d'équivalents, unis de la même manière et qui jouissent des mêmes propriétés chimiques fondamentales.*

» La définition du type chimique entraîne donc celle des propriétés que j'appelle fondamentales. Or, à quoi reconnaît-on une propriété fondamentale? C'est une question à laquelle il est facile de répondre par des exemples qui pourront sembler concluants.

» Quand on fait bouillir l'acide chloracétique avec un alcali, ce corps se détruit tout-à-coup et se convertit en acide carbonique et en chloroforme. Si l'on range, comme je le fais, l'acide acétique et l'acide chloracétique dans un même genre, on est forcé d'en conclure que l'acide acétique traité par les alcalis se changera à son tour en gaz carbonique et en hydrogène carboné correspondant au chloroforme, et en gaz des marais. C'est précisément le résultat que donne l'expérience.

» Mais, disent MM. Pelouze et Millon, ces rapprochements sont purement fortuits. Si l'acide acétique chauffé avec la baryte se change en acide carbonique et en gaz des marais, c'est que la baryte détermine tout simplement la formation de l'acide carbonique, qu'elle enlève à l'acide acétique tout l'acide carbonique que sa constitution lui permet de fournir.

» Admettons ce premier point, pour le moment; pourquoi le reste des éléments de l'acide acétique constituera-t-il du gaz des marais plutôt qu'autre chose? Il y a quatre équations, qui, à la température basse à laquelle la réaction s'opère, sont également admissibles. L'acide acétique fournissant toujours du gaz carbonique, il peut donner en outre

1°. Du charbon et de l'hydrogène..... $C^4 + H^8$,
2°. Du méthylène et de l'hydrogène..... $C^4 H^4 + H^4$,
3°. Du gaz oléfiant et de l'hydrogène..... $2C^2 H^2 + H^4$,
4°. Du gaz des marais..... $C^4 H^8$.

» Ainsi, quand on ne consulte que les forces générales de la chimie, il se présente au moins quatre suppositions entre lesquelles rien n'autorise à choisir; ce sont des réactions possibles. Quand on fait intervenir la considération des types, elle choisit parmi ces quatre réactions possibles la réaction nécessaire, celle qui donnera naissance à 4 volumes d'un gaz hydrocarburé correspondant au chloroforme qu'il représente dans cette décomposition.

» Il ne suffit donc pas d'expliquer la décomposition de l'acide acétique par les alcalis, en disant que ceux-ci déterminent la formation de tout l'acide carbonique qui peut se produire, il faut encore rendre compte de la production du gaz des marais. Or si quatre équations également possibles se présentent, comment choisir?

» On le voit bien, la notion des types organiques rencontre la même difficulté que la loi des substitutions. On renvoie les types aux forces générales de la chimie, comme on renvoyait les substitutions aux équivalents.

» La réponse est donc la même: quand on met en jeu les forces générales de la chimie seulement, la décomposition de l'acide acétique en acide carbonique et en gaz des marais est un fait possible. Quand on part de l'analogie qui existe entre l'acide acétique et l'acide chloracétique, c'est un fait nécessaire. Dans le premier cas, on aurait parfaitement compris qu'il se fût déposé du charbon, qu'il se fût dégagé du méthylène ou du gaz oléfiant. Dans le second, il faut absolument qu'il se dégage du gaz des marais.

» Mais il est bien évident que la production du gaz carbonique et du gaz des marais par la décomposition de l'acide acétique au moyen des alcalis est un fait qui ne choque pas les idées générales de la chimie, qui s'explique par le jeu des affinités générales dont elle dispose. Cela n'avait pas besoin d'être démontré: un fait vrai est toujours possible.

» Ainsi, au point de vue de la chimie générale, il pouvait se former du gaz des marais; au point de vue de la théorie des types organiques, il devait s'en former.

» Maintenant, allons plus loin : supposons que le gaz des marais soit soumis à l'action du chlore, il pourra se produire des réactions très diverses, si l'on ne consulte que les forces générales de la chimie.

» Au point de vue précis de la théorie des types organiques, si le gaz des marais correspond au chloroforme, à l'éther méthylique, etc., il réalise le carbure d'hydrogène qui fait le point de départ de cette série, et il doit fournir au moyen du chlore :

C^4H^8

C^4H^6, Ch^2 } hydro-chlorate de méthylène,

C^4H^4, Ch^4 } l'hydro-chlorate monochloruré,

C^4H^2, Ch^6 } le chloroforme,

C^4Ch^8 chlorure de carbone.

» On sait, par les expériences que j'ai récemment fait connaître à l'Académie, que le gaz des marais tiré des acétates se convertit sous l'influence du chlore en ce chlorure de carbone C^4Ch^8 que la théorie des types avait prévu comme produit nécessaire de la réaction.

» J'ajoute qu'avant de donner ce chlorure de carbone, il produit aussi du chloroforme.

» Mais si le gaz des marais correspond au chloroforme, comme l'acide acétique à l'acide chloracétique, la conversion du gaz des marais en chloroforme est un fait nécessaire, comme la conversion de l'acide acétique en gaz des marais.

» Que lorsque ces faits nécessaires ont été reconnus vrais par l'expérience, on vienne prouver que ces faits étaient possibles, qu'ils ne sont pas en désaccord avec les lois générales de la chimie, je prétends qu'on n'a point abordé la difficulté. Ce qu'il faudrait faire en pareil cas, ce serait de montrer comment la théorie générale permet de prévoir que l'acide acétique doit donner du gaz des marais, et que le gaz des marais doit donner du chloroforme.

» Bien loin de croire que j'aie été trop loin en établissant, comme je l'ai fait, des genres pour réunir l'acide acétique et l'acide chloracétique, le gaz des marais et le chloroforme, j'ai été au contraire trop réservé.

» Je persiste donc dans mon opinion sur la convenance de réunir en un même genre les *corps qui renferment le même nombre d'équivalents unis de la même manière et qui sont doués des mêmes propriétés chimiques fondamentales.*

» Dans cette discussion des caractères des types chimiques et de la véritable acception à donner aux propriétés fondamentales des corps, je n'ai rien dit du rôle identique attribué au chlore et à l'hydrogène dans l'acide acétique et l'acide chloracétique, dans le chloroforme et le gaz des marais.

» C'est là cependant, comme il était facile de le prévoir, un point qui a particulièrement arrêté M. Berzélius, et qu'il a combattu en changeant toutes mes formules et les remplaçant par des formules nouvelles.

» Jusqu'à présent je n'avais rien répondu. En effet, qu'aurais-je ajouté à la note suivante que M. Liebig m'autorisa à publier en son mom?

« Dans l'intérêt de la science, dit M. Liebig, je dois déclarer que je ne » partage pas les opinions de M. Berzélius, parce qu'elles reposent sur une » masse de suppositions qu'on ne saurait démontrer.

» On a fait en chimie minérale l'observation singulière que le manganèse » peut être remplacé par du chlore dans l'acide permanganique, sans que » pour cela la forme des sels produits par cet acide en soit changée. On » peut cependant à peine trouver deux corps entre lesquels il existe une » plus grande dissemblance dans les propriétés chimiques, qu'il n'y en a » entre le chlore et le manganèse.

» Une expérience de ce genre ne se discute pas, il faut laisser au fait » toute sa valeur, et dire : Le chlore et le manganèse peuvent se remplacer, » sans que la nature de la combinaison change. Dès lors je ne vois pas » pourquoi cette manière de se comporter serait regardée comme impossible » pour d'autres corps, tels que le chlore et l'hydrogène, par exemple.

» L'interprétation de ces phénomènes, telle qu'elle a été posée par M. Du- » mas, me paraît donner la clé de la plupart des phénomènes de la chimie » organique.

» Sans nier que les corps se remplacent dans un grand nombre de com- » binaisons, d'après leur place dans l'ordre électrique, je crois que de la » manière de se comporter des combinaisons organiques, on doit tirer cette » conclusion, qu'*une substitution réciproque de corps simples ou composés* » *agissant à la manière des corps isomorphes doit être regardée comme une* » *véritable loi de la nature.* Cette substitution peut avoir lieu entre des corps

» qui n'ont ni une même forme ni une composition analogue. Elle dépend » exclusivement de la force chimique que nous appelons affinité. »

» Ces opinions sont, en effet, complétement conformes à celles que j'avais énoncées moi-même, quand je comparais le principe des substitutions au principe de l'isomorphisme et les corps du même type chimique aux corps isomorphes eux-mêmes.

» Je ne prétends pas dire que les corps du même type chimique doivent offrir la même forme; tout porte à croire que cette condition n'existe pas toujours, mais jusqu'à présent les recherches manquent à ce sujet.

TYPES MÉCANIQUES.

» Après avoir constaté, d'une manière suffisante à ma propre conviction, l'existence de certains types chimiques, j'essayai l'application générale de cette théorie des types à toutes les séries connues produites par substitution, et je fis de ce système d'idées la base de mon cours à l'École de Médecine, l'année dernière.

» Mais toujours fidèle à la marche expérimentale, et ne voulant jamais m'en écarter, je me demandais s'il fallait bien classer l'un à côté de l'autre des corps doués de la même formule, produits par substitution, mais essentiellement différents par leurs propriétés chimiques les plus saillantes.

» Je disais : les corps produits par substitution se divisent en deux catégories : les uns appartiennent évidemment au même genre, au même type chimique; les autres n'y sauraient rentrer. Quelle place convient-il d'assigner à ces sortes de corps?

» La réponse ne s'est pas fait long-temps attendre, et elle porte la loi des substitutions à un degré de généralité et d'importance qu'il ne m'appartient pas de développer ici, mais que l'ordre des idées me fait un devoir d'indiquer.

» L'admirable travail de M. Régnault sur les éthers est venu donner en effet à la théorie des types un développement inattendu. Rien de plus naturel que de ranger dans un même genre des corps aussi voisins que l'acide acétique et l'acide chloracétique; mais il faut de bonnes raisons pour admettre qu'il y ait une véritable analogie entre

Le gaz des marais.....	$C^4H^2H^6$
L'éther méthylique.....	C^4OH^6
L'acide formique.....	$C^4H^2O^3$
Le chloroforme.....	$C^4H^2Ch^6$
Le bromoforme.....	$C^4H^2Br^6$

L'iodoforme.....	$C^4H^2I^6$
L'éther méthylique chloruré.....	$\left\{\begin{matrix} C^4OH^4 \\ Ch^2 \end{matrix}\right\}$
Id. bichloruré.....	$\left\{\begin{matrix} C^4OH^2 \\ Ch^4 \end{matrix}\right\}$
Id. perchloruré.....	C^4OCh^6
L'hydro-chlorate de méthylène....	$C^4Ch^2H^6$
Id. chloruré.....	$\left\{\begin{matrix} C^4Ch^2H^4 \\ Ch^2 \end{matrix}\right\}$
Id. bichloruré.....	$\left\{\begin{matrix} C^4Ch^2H^2 \\ Ch^4 \end{matrix}\right\}$
Le chlorure de carbone.....	$C^4Ch^2Ch^6$

» Parmi ces corps auxquels, sans rien forcer, on pourrait rattacher l'acide prussique et l'ammoniaque, il se rencontre des acides, des bases, des corps neutres, et, par conséquent, les matières les plus disparates au point de vue chimique ordinaire.

» M. Régnault admet et il se propose de prouver que tous les corps si disparates, chimiquement parlant, que renferme cette série, que tous ceux qui peuvent être réunis dans des séries analogues, ont cela de commun qu'ils appartiennent au même système mécanique.

» Je le répète, je n'ai point à exposer des vues qui le seront plus tard par leur inventeur, mais j'avais à montrer en quoi ces vues se distinguent de celles qui les avaient précédées, à faire pressentir comment elles complètent ce qu'on peut appeler maintenant la théorie générale des substitutions. Du reste, il est facile de classer ces idées de la façon la plus claire, par les trois propositions suivantes :

» 1°. L'expérience prouve qu'un corps peut perdre un de ses éléments et en prendre un autre à la place, équivalent à équivalent ; c'est là le fait général des substitutions ;

» 2°. Quand un corps se modifie de la sorte, on peut admettre que sa molécule est toujours demeurée intacte, formant un groupe, un système dans lequel un élément a pris la place d'un autre purement et simplement.

» A ce point de vue tout-à-fait mécanique, qui est celui dont M. Régnault poursuit l'étude, tous les corps produits par substitution présenteraient le même groupement et se classeraient dans le même type moléculaire. A mes yeux, ils constituent une *famille naturelle.*

» 3°. Parmi les corps produits par substitution, il en est un grand nombre qui conservent d'une manière évidente le même caractère chi-

mique, jouant le rôle d'acide ou de base de la même manière et au même degré qu'avant la modification qu'ils ont éprouvée.

» Ce sont ces corps que j'ai considérés comme appartenant au même type chimique, comme faisant partie du même genre, pour parler le langage des naturalistes.

» Ainsi s'explique la loi des substitutions, ainsi l'on se rend compte des circonstances dans lesquelles elle ne s'observe pas.

» Toutes les fois qu'un corps se modifie, sans sortir de son type moléculaire, il se modifie selon la loi des substitutions.

» Toutes les fois qu'un corps en se modifiant passe à un autre type moléculaire, la loi des substitutions ne s'observe plus dans la réaction. L'indigo bleu est un corps d'un autre type que l'indigo blanc; le perchlorure de carbone n'appartient pas au type du gaz oléfiant; l'aldéhyde est sorti du type de l'alcool; l'acide acétique hydraté n'appartient pas au type de l'aldéhyde, etc.

» L'Académie remarquera comment, dans cette longue suite de recherches, qui a exigé six ans de travail et le concours des chimistes français les plus habiles, on s'est élevé d'un coin obscur de la science, peu à peu et par la seule force de l'expérience, aux idées les plus générales de la philosophie naturelle.

» J'admets donc qu'à travers toutes les substitutions qu'une molécule composée a pu éprouver, alors que tous ses éléments ont été remplacés successivement par d'autres, tant que la molécule est intacte, les corps obtenus appartiennent toujours à la même *famille naturelle.*

» Quand, par l'effet d'une substitution, un corps est transformé en un autre qui présente les mêmes réactions chimiques, ces deux produits appartiennent à un *même genre.*

» L'alcool, l'acide acétique hydraté, l'acide chloracétique, appartiennent à la même famille naturelle. L'acide acétique et l'acide chloracétique font partie du même genre.

» Telles sont les bases de la classification naturelle des substances organiques, que j'aurai bientôt l'occasion de développer devant l'Académie.

» Avant d'aller plus loin, il est juste de signaler ici les travaux des chimistes qui ont dirigé la science vers le point de vue qui nous occupe.

» Non-seulement par la date de ses observations, M. Régnault se place un des premiers à cet égard, mais par l'importance de ses recherches et par celle des idées qu'il en a déduites, on doit regarder ce jeune chimiste comme ayant avancé plus que personne l'état de la science sur ce point.

» Plus libre en parlant en mon propre nom que lorsque j'étais chargé d'exprimer l'opinion de l'Académie, je me fais un devoir de déclarer ici que les vues de M. Régnault se lient à des études physiques de l'ordre le plus élevé, et qu'elles donnent à la théorie des substitutions un développement aussi heureux qu'inattendu, dans son application à l'étude des propriétés physiques les plus intimes des corps.

» En même temps que M. Régnault, deux autres chimistes bien connus de l'Académie, MM. Persoz et Laurent, se sont aussi occupés de recherches concernant la théorie des substitutions.

» A la vérité, l'un d'eux, M. Persoz, ne paraissait pas s'occuper de l'application de cette théorie; mais les formules à l'aide desquelles il a essayé d'exprimer la composition d'un grand nombre de corps minéraux, sont venues cadrer d'une manière parfaite avec les développements que la théorie des substitutions recevait peu à peu de l'expérience. Le système de formules adopté par M. Persoz, et les vues qu'elles expriment en chimie minérale, ont donc trouvé une heureuse application dans un grand nombre de faits que la théorie des substitutions a conduit à découvrir en chimie organique.

» De son côté, M. Laurent s'est livré à une multitude de recherches et il a publié un grand nombre de mémoires à l'appui des lois par lesquelles il avait cherché à prévoir et à expliquer tous les phénomènes des substitutions. Comme nous avons vu plus haut que la principale difficulté que l'on oppose au rapprochement de l'acide acétique et de l'acide chloracétique consiste dans le rôle semblable qu'on est forcé d'attribuer au chlore et à l'hydrogène, il importe de remarquer ici que M. Laurent a insisté sur l'identité du rôle du chlore avec celui de l'hydrogène dans les corps formés par substitution, long-temps avant que l'expérience eût prononcé d'une manière positive à cet égard.

» Mon but ne saurait être en ce moment d'écrire l'histoire de la théorie qui nous occupe; lorsque l'expérience en aura sondé successivement toutes les parties, on pourra se livrer utilement à la discussion des idées *à priori* qui en ont pu souvent prévoir les résultats.

» Ainsi mettant de côté toute question historique, et m'arrêtant seulement aux faits, aux expériences qui ont servi de base à mes propres convictions, en un mot en ne consultant que mes impressions personnelles, je dois dire que les premiers résultats dans lesquels j'ai cru reconnaître d'une manière décisive les éléments d'une vue arrêtée à ce sujet, sont ceux dont la chimie organique est redevable à M. Malaguti. En effet, on sait que cet habile observateur a reconnu que l'éther soit libre, soit combiné, peut toujours

perdre deux équivalents d'hydrogène et gagner deux équivalents de chlore, sans qu'aucun de ses caractères chimiques essentiels en subisse d'altération; car son pouvoir de combinaison demeure exactement le même; l'éther chloré est donc toujours de l'éther.

» Ma conviction est devenue complète, quand j'ai pu reconnaître la nature précise de l'acide chloracétique et que j'ai vu le chlore remplacer tout l'hydrogène de l'acide acétique, sans modifier sa capacité de saturation, sans altérer en rien ses propriétés que j'appelle *fondamentales;* l'acide acétique chloré est donc toujours de l'acide acétique.

» C'est en partant de ces deux faits, c'est en y joignant ceux que M. Régnault lui-même avait observés dans l'action du chlore sur la liqueur des Hollandais, que j'ai cherché à montrer qu'il existe, en chimie organique, des types capables d'éprouver, sans se détruire, les plus singulières transformations quant à la nature de leurs éléments.

» Plus tard, M. Régnault, dans le Mémoire sur les éthers que j'ai déjà cité, donnant une extension encore plus grande à ces vues, a considéré les corps formés par substitution comme appartenant à un même système mécanique. On peut attendre avec confiance les développements qu'il promet de donner à ces premiers aperçus.

RADICAUX ORGANIQUES.

» Depuis quelques années, la chimie organique a fait un si fréquent usage de ce qu'on appelle les *radicaux organiques*, qu'il semblera singulier de voir mettre ici en doute, sinon leur existence, du moins la réalité du rôle absolu qu'on leur a fait jouer.

» On sait que par radicaux organiques, on entend désigner certains corps composés qui pourraient fonctionner à la manière des corps simples, et qui entreraient comme eux, et suivant les mêmes lois, en combinaison avec les divers corps de la nature.

» Si par radicaux organiques, on veut rappeler des corps analogues au cyanogène, à l'amidogène, au radical oxalique ou benzoïque, nul doute que ce ne soient là, en effet, des corps composés qui font fonction de corps simples, comme leurs analogues de la chimie minérale, l'oxide de carbone, l'acide sulfureux, le bi-oxide d'azote et la vapeur nitreuse.

» Mais si, par radicaux organiques, il faut, comme le veut M. Berzélius, désigner certains composés invariables qui joueraient le rôle des métaux, la théorie des types, tout en admettant leur concours, ne peut pas admettre leur permanence.

» Ainsi, pour fixer les idées, dans la théorie des types l'essence d'amandes amères est un type dans lequel on peut substituer à un équivalent d'hydrogène un équivalent de chlore, de brome, d'iode, d'oxigène ou d'amidogène, sans que le type soit altéré.

$$C^{28}H^{12}O^{2}$$
$$C^{28}H^{10}O^{2}$$
$$Ch^{2}$$
$$C^{28}H^{10}O^{2}$$
$$O$$
$$C^{28}H^{10}O^{3}$$
$$S$$
$$C^{28}H^{10}O^{2}$$
$$Az^{2}H^{4}.$$

» Mais tout en admettant que le système $C^{28}H^{10}O^{2}$ pourrait être remplacé par un élément, la théorie des types ne le regarde pas comme un groupe invariable. Elle croit qu'on peut lui enlever de l'hydrogène, le remplacer par du chlore ou lui faire subir toute autre modification, sans que sa nature fondamentale en soit altérée.

» En un mot, par une réciprocité facile à prévoir et qui exigerait pour recevoir tout son développement un détail de formules que je ne saurais aborder ici, on arrive à conclure que de même qu'on peut dans un composé organique substituer à l'hydrogène de l'acide sulfureux qui joue le même rôle, de même on peut en certaines matières organiques remplacer par un corps simple un groupe de molécules représentant un corps composé.

» Dire que la vapeur nitreuse remplace de l'hydrogène dans la nitrobenzine, c'est la même chose que si l'on dit que dans l'éther le potassium peut remplacer l'éthyle.

» Mais il n'en faut pas conclure que l'éthyle soit un composé permanent, immuable, inaltérable, car l'expérience prouve le contraire. Seulement en perdant de l'hydrogène et gagnant du chlore, tout porte à croire qu'il conserve son caractère comme l'éther dont il fait partie garde le sien.

» Mais j'admets que dans un type donné il y a certains groupes composés qui peuvent être remplacés par des corps simples et qui, à ce titre, mériteraient le nom de radicaux. Ils jouent le même rôle que l'ammonium qui remplace le potassium dans l'alun, par exemple.

» Ainsi je ne puis regarder ces groupes comme des corps immuables, car l'expérience a prononcé, et toute théorie qui reposerait sur cette base d'une manière absolue irait trop loin maintenant.

» Parmi les recherches qui contribuent le plus à modifier l'opinion sur

le rôle des radicaux organiques, on doit citer au premier rang les observations importantes de M. Laurent sur l'essence d'amandes amères, et celles non moins remarquables de M. Piria sur l'hydrure de salicyle. En résumé, rien n'empêche de conserver le nom de radicaux organiques à certains groupes moléculaires capables de remplacer des corps élémentaires et d'être remplacés par eux; mais ces groupes peuvent se modifier à leur tour par substitution comme les autres corps qui ne jouent pas ce rôle.

» Du reste, j'ai eu entre les mains, trop tard pour en faire usage dans cet écrit, un Mémoire de M. Gehrardt, dans lequel ces questions sont examinées sous un point de vue qui m'a paru très digne de l'attention des chimistes.

NOMENCLATURE.

» Parmi les questions qui se présentent à nous, comme étant la conséquence immédiate du point de vue qu'on vient d'exposer, il y en a une qui mérite une attention particulière; elle a trait au principe même de notre nomenclature chimique et aux modifications que la marche de la science nous conduit à lui faire subir.

» A l'époque mémorable où les Académiciens français, sous l'influence des découvertes immortelles de Lavoisier, conçurent et développèrent le projet d'une réforme dans l'ancienne nomenclature chimique, on se fonda sur le point de vue que Lavoisier lui-même venait de mettre en évidence, c'est-à-dire sur l'existence de ces corps indécomposés qu'on venait de reconnaître comme les éléments matériels de tous les corps.

» Voyant qu'à l'aide de ces éléments tous les corps de la nature pouvaient être produits, qu'en les associant deux à deux on formait des corps binaires, qu'en combinant ceux-ci entre eux on produisait des sels, et qu'en combinant les sels à leur tour on obtenait les sels doubles, la nomenclature voulut suivre le principe philosophique dans tous ses développements. Elle voulut que les noms des éléments fussent rappelés dans ceux des composés binaires, qu'ils reparussent dans les noms des sels simples, dans ceux des sels doubles, etc.

» Ce qui frappe dans la Chimie de Lavoisier et dans la nomenclature qui en fut la conséquence et l'expression, c'est l'antagonisme des éléments qui se combinent pour former les composés binaires; c'est l'antagonisme des acides et des bases qui se combinent pour former les sels; c'est l'antagonisme des sels qui se combinent pour former les sels doubles, etc.

» La Chimie de Lavoisier et sa nomenclature semblaient donc avoir prévu et préparé la théorie électro-chimique, qui n'a eu autre chose à faire qu'à appeler l'un de ces corps antagonistes, l'élément positif et l'autre l'élément négatif.

» Mais ne le perdons pas de vue, la grande découverte de Lavoisier c'est la découverte des éléments. C'est là le principe fondamental par lequel il a renouvelé la chimie et la philosophie naturelle. On ne découvre pas une vérité de cet ordre, sans qu'elle imprime son cachet sur toute nos pensées, et par cela même que Lavoisier venait d'établir que tous les corps de la nature pouvaient se former au moyen de quelques éléments, il devait être conduit à définir les corps composés par les éléments qui les composent, et c'est là en effet le principe que notre nomenclature a consacré.

» Maintenant, non-seulement la nomenclature de Lavoisier ne nous suffit plus, mais elle exprime un système d'idées positivement contraire à celui que nous cherchons à faire prévaloir.

» Elle ne nous suffit plus, parce qu'en chimie organique on produit des milliers de combinaisons avec trois ou quatre éléments, et qu'en conséquence les noms de ceux-ci ne sauraient se prêter à dénommer tous les composés qui en résultent.

» Elle est positivement contraire au système d'idées exposé plus haut, en ce qu'elle fait dériver toute la notion des corps de la nature de ses éléments, tandis que ceux-ci n'ont plus qu'un intérêt de classification qu'on peut appeler secondaire.

» Il faut que chaque type ait un nom, que ce nom se retrouve dans les modifications nombreuses qu'il peut éprouver, et qu'il ne disparaisse jamais tant que le type lui-même n'est pas détruit.

» C'est sur ce principe que j'ai déjà formé les noms suivants : *acide acétique* et *acide chloracétique; — éther* et *chloréther; — gaz oléfiant* et *gaz chloroléfiant;* — noms qui ont pour objet de rappeler, comme on voit, la permanence des types, malgré l'intervention du chlore dans les composés.

» La théorie des types envisage ces corps comme produits en quelque sorte dans le même moule, avec des matières différentes. Elle voudrait que la nomenclature rappelât toujours leur arrangement moléculaire fondamental, et qu'elle le mît en première ligne, tandis que la nomenclature de Lavoisier s'attache à la matière, en fait ressortir la nature, et place cette notion au premier rang.

» La théorie des types vous dit : Voici de l'alun de chrôme; la nomenclature de Lavoisier y voit du sulfate de potasse et de chrôme, sous la forme de l'alun.

» L'alun est un type; tous les aluns sont jetés au même moule; leur forme est ce que la théorie des types veut rappeler surtout; ce qui définit

essentiellement chacun d'eux à ses yeux. Elle en agit comme un artiste qui, en voyant les statues de matières diverses sortant du même moule, vous dira : Voici la Vénus de Milo en fonte, en plomb, en plâtre. Le type artistique le frappe bien avant qu'il ne songe à la matière, et il ne s'avisera jamais de dire qu'il va vous montrer de la fonte, du plâtre ou du bronze, sous la forme de la Vénus de Milo.

» Une réforme complète de la nomenclature organique et de quelques parties de la nomenclature minérale, me paraît donc urgente et possible.

THÉORIE ÉLECTRO-CHIMIQUE.

» On a vu tout-à-l'heure comment le principe du dualisme introduit par la Chimie de Lavoisier dans la définition de toute combinaison chimique s'était trouvé favorable à la conception de ce qu'on appelle *la théorie électro-chimique*. On a compris aussi comment la théorie des types moléculaires s'écarte de cet ordre d'idées, car elle ne suppose pas dans les corps deux éléments antagonistes en présence, agissant comme le feraient deux masses douées d'électricités différentes et maintenues en combinaisons par l'action mutuelle de ces deux électricités.

» Une combinaison chimique constitue-t-elle un édifice simple ou un monument double? voilà la question. Dans la théorie des types, les formules se combinent et s'écrivent sans prendre attention à dédoubler ainsi chaque corps en deux autres. Dans la théorie électro-chimique, elles se combinent et s'écrivent de façon à peindre sans cesse à l'esprit ces deux divisions principales de l'édifice qu'elles représentent.

» Voilà comment la théorie des types se trouve entraînée à se séparer de la théorie électro-chimique ou plutôt comment cette dernière a été conduite à combattre l'autre dès son apparition. La question du reste est présentée de la façon la plus nette dans la lettre suivante de M. de la Rive. L'habile physicien genevois, dont le nom demeurera lié à l'histoire de l'électro-chimie, m'écrivait le 25 octobre dernier :

« J'ai lu avec un bien grand intérêt vos recherches sur les *substitutions*.
» Elles m'ont d'autant plus intéressé que je suis occupé depuis plus d'un
» an d'un assez grand travail sur les théories électro-chimiques. Je n'ose
» pas, je vous l'avoue, aller aussi loin que vous, et, sans croire à la
» théorie de Berzélius telle qu'il l'a présentée, je ne puis cependant m'em-
» pêcher de penser qu'il y a quelque chose de fondé dans la table des
» pouvoirs chimiques relatifs des corps. Or, que l'hydrogène puisse exac-
» tement jouer le rôle du chlore, c'est ce que j'ai de la peine à admettre.

» Permettez-moi de vous demander si les chimistes ne sont pas un

» peu faciles, quand ils groupent de toutes les façons leurs symboles. Il » y a dans cette facilité de permutations quelque chose qui ne nous sa- » tisfait pas complétement nous autres physiciens, et qui nous paraît se » prêter un peu trop complaisamment à toutes les combinaisons. N'y a-t-il » pas un peu d'arbitraire dans la manière dont les chimistes font ces choix? » Pour attaquer la théorie électro-chimique, vous groupez vos formules » d'une certaine manière; aussitôt, pour défendre cette théorie, M. Berzé- » lius les groupe d'une autre manière : où est la loi de la nature ? »

» On me pardonnera de citer cette lettre; elle peint bien les opinions des savants sur des questions neuves encore pour beaucoup d'esprits, et en tout cas fort obscures pour les personnes qui ne les ont pas suivies pas à pas dans leur développement.

» Celles qui ont pris part aux recherches expérimentales dont il s'agit, savent à merveille que la théorie électro-chimique a guidé mes premières études, que je l'ai professée et admise pendant long-temps, sur la foi de ses inventeurs. Elles savent aussi que c'est la force des choses, que c'est une expérience claire et concluante, la production de l'acide chloracétique, qui m'a conduit à admettre que l'hydrogène et le chlore jouent le même rôle en certains composés. J'ai construit ma formule d'après l'expérience chimique pure, l'esprit libre et dégagé de toute vue de théorie générale.

» Mais admettre que le chlore peut remplacer l'hydrogène et jouer le même rôle que lui, c'était se séparer des chimistes qui veulent expliquer tous les phénomènes des combinaisons, au moyen de ce qu'on appelle la théorie électro-chimique. Je l'ai compris ainsi, et j'ai dû m'en expliquer sans détour. Comment croire d'ailleurs que cette conséquence aurait échappé à la pénétration de M. Berzélius, quand on voit tout le prix qu'il met à donner immédiatement une explication selon la théorie électro-chimique de chacun des faits dont la théorie des substitutions s'enrichit chaque jour, et quand on sait apprécier le talent élevé qu'il déploie dans la combinaison des formules que sa théorie exige.

» Ce n'est pas à M. Berzélius qu'il était nécessaire de dire que dans les vues de l'électro-chimie, la *nature* de leurs particules élémentaires doit déterminer les propriétés fondamentales des corps, tandis que dans la théorie des substitutions, c'est de la *situation* de ces particules que les propriétés dérivent surtout.

» Nous avons pourtant en ce genre des faits décisifs dans le domaine de la chimie minérale elle-même. Ainsi l'oxigène, le soufre, le sélénium, le tellure, le chrôme, le fer, le manganèse, le magnésium et l'hydrogène, constituent une série de corps capables de se remplacer les uns les autres, sans

que la forme ou les propriétés essentielles des composés en soient changées.

» Ainsi, M. Berzélius attribue à la nature des éléments le rôle que j'attribue à leur position : voilà le fond de nos opinions respectives ; arrivons maintenant au point où elles se séparent dans la pratique.

» Parmi les conséquences de la théorie électro-chimique, l'une des plus immédiates consiste dans la nécessité d'envisager tous les composés chimiques comme des corps binaires. Il faut toujours retrouver dans chacun d'eux la particule positive et la particule négative, ou l'ensemble de particules auxquelles on attribue ces deux rôles. Jamais vue ne fut plus capable d'entraver les progrès de la chimie organique. Toutes les difficultés que nous avons éprouvées depuis quelques années dans la recherche des formules fondamentales des corps, les discussions, les malentendus, les erreurs, dérivent des préoccupations que cette vue avait fait naître dans nos esprits.

» Quelques exemples vont rendre ces deux points de vue faciles à comprendre.

» Le carbone peut se combiner avec l'oxigène, et forme ainsi l'oxide de carbone et l'acide carbonique. A son tour, l'oxide de carbone se combine avec le chlore et produit le gaz acide découvert par M. J. Davy. La théorie électro-chimique doit voir dans ce dernier un chlorure acide d'oxide de carbone. La théorie des types l'envisage au contraire comme de l'acide carbonique dans lequel la moitié de l'oxigène est remplacée par du chlore. Ainsi, les corps CO^2, $COCh$, CS^2 sont des modifications du même type (1).

» L'eau oxigénée est un type et l'un des plus nets que la chimie possède. Remplacez l'hydrogène par un métal, et vous aurez les bi-oxides de calcium, de barium, de strontium, et en général les oxides singuliers. Dans ceux-ci, remplacez à son tour la moitié de l'oxigène par du chlore, comme c'est le cas dans l'acide chloro-carbonique, et vous produirez les chlorures décolorants. Ainsi l'eau oxigénée, les oxides singuliers et les chlorures décolorants appartiennent au même type, auquel il faut réunir encore les composés que le bi-oxide d'azote forme avec les oxides alcalins, de façon qu'on peut

---

(1) Voici ce que je disais du gaz phosgène en 1828. « Il est facile de voir que l'acide » chloro-carbonique correspond à l'acide carbonique lui-même. En effet, dans toutes » ses combinaisons, 1 vol. de chlore remplace $\frac{1}{2}$ vol. d'oxigène ; c'est donc comme si l'on » avait transformé l'oxide de carbone en acide, en remplaçant le demi-volume d'oxigène » qu'il fallait y ajouter par un volume de chlore. » (Voyez *mon Traité de Chimie*, vol. I, p. 513.)

avoir, par exemple, la série suivante :

$$\left.\begin{matrix} HO \\ O \end{matrix}\right\}$$
$$\left.\begin{matrix} BaO \\ O \end{matrix}\right\}$$
$$\left.\begin{matrix} CaO \\ O \end{matrix}\right\}$$
$$\left.\begin{matrix} CaO \\ Ch \end{matrix}\right\}$$
$$\left.\begin{matrix} CaO \\ AzO^2 \end{matrix}\right\}.$$

» Ces composés d'oxides et de chlore ont reçu dans le système électro-chimique, toutes sortes de définitions. On en a fait des chlorures d'oxide, des chlorites, des hypochlorites, guidé qu'on était par la prétendue nécessité de mettre toujours en présence dans la formule d'un composé, deux corps antagonistes, le corps positif et le corps négatif.

» Tel est précisément le caractère des dissidences du moment présent entre l'école électro-chimique et l'école des types moléculaires.

» A-t-on ôté à l'acide acétique tout son hydrogène, l'a-t-on remplacé par du chlore, nous disons que l'acide acétique et l'acide chloracétique ont le même arrangement moléculaire, et qu'ils doivent offrir les mêmes réactions générales tant que leur molécule ne sera pas détruite. Pressé par les convenances du système électro-chimique, M. Berzélius, tout au contraire, fait de l'acide chloracétique un corps à part dans lequel il arrange les éléments en deux groupes qu'il suppose combinés. L'acide chloracétique devient pour lui un composé d'acide oxalique et de chlorure de carbone, formule que rien ne justifie; car l'acide chloracétique traité par la potasse devrait donner du chlorure de potassium et de l'oxalate de potasse, tandis que d'après mon expérience il donne en réalité de l'acide carbonique et du chloroforme.

» C'est absolument la même chose que lorsqu'on a dit que le bi-oxide de calcium et le chlorure de chaux appartenaient au même type, ce que les expériences intéressantes et décisives de M. Millon ont si bien démontré, tandis que M. Berzélius de son côté, s'appuyant de recherches ingénieuses, était conduit à établir que la chaux en s'unissant au chlore donnait naissance à un chlorite.

» Si M. Malaguti enlève deux équivalents de ~~chlore~~ hydrogène à l'éther, la théorie des types prévoit et explique qu'à leur place il a dû entrer dans le nouveau produit deux équivalents de chlore. Elle voit de l'éther dans le nouveau produit, quant à la constitution moléculaire et aux propriétés fondamentales.

» M. Berzélius de son côté, comme on pouvait le deviner, dispose au contraire les éléments de ce nouveau corps et ceux des produits dont il fait partie, de façon à leur faire constituer des composés binaires qui, d'après ces formules, posséderaient des réactions tout-à-fait opposées à celles qui ont été reconnues par M. Malaguti.

» Partout où la théorie des substitutions et la théorie des types voient *des molécules uniques* perdant quelques-uns de leurs éléments et les remplaçant par d'autres, sans que l'édifice soit modifié dans sa forme ou ses réactions extérieures, la théorie électro-chimique dédouble ces mêmes molécules, uniquement, il faut le dire, pour y trouver *deux groupes antagonistes* qu'elle suppose ensuite combinés, en vertu de leur action électrique réciproque.

» Ainsi, dans mon opinion, la théorie électro-chimique a été entraînée hors du cercle que l'expérience nous trace, quand elle a voulu expliquer les faits nouveaux de la chimie organique. Mais est-ce à dire que les propriétés électriques des corps soient sans influence sur les phénomènes chimiques? Non, sans doute. Seulement, on est forcé de convenir que c'est au moment où les combinaisons se font, au moment où elles se détruisent que le rôle de l'électricité peut s'observer. Mais quand les molécules élémentaires ont pris leur équilibre, nous ne savons plus définir l'influence que leurs propriétés électriques peuvent exercer, et personne n'a émis à ce sujet des vues qui soient d'accord avec l'expérience.

» J'ai donc été conduit à déclarer que les faits que je venais de découvrir étaient inconciliables avec la théorie électro-chimique de M. Berzélius, qui veut que l'hydrogène soit toujours positif et le chlore toujours négatif, tandis que nous les voyons se remplacer et jouer le même rôle.

» Mais je suis loin de nier, pour cela, que les forces chimiques et électriques puissent être les mêmes, et il n'y a pas lieu de prendre la défense du rôle général de l'électricité dans les phénomènes chimiques, alors que c'est simplement une théorie électro-chimique particulière qui est en jeu.

» Ce que j'ai voulu dire, ce que j'ai dit, c'est que lorsqu'on a essayé de représenter l'état électrique des molécules combinées, on est parvenu à de pures hypothèses, sans résultat pour la science.

» Quand, au contraire, comme l'a fait avec tant de bonheur notre confrère M. Becquerel, on a cherché à mettre à profit cette électricité qui se manifeste au moment des combinaisons ou des décompositions chimiques, on est parvenu aux résultats les plus importants et les plus féconds.

» C'est dans cette classe de faits que se rangent les belles découvertes de Davy, celles que M. Becquerel poursuit avec une persévérance si bien cou-

ronnée par le succès; enfin la loi expérimentale dont M. Faraday a lui-même, plus récemment, enrichi la philosophie chimique.

» Toutes les découvertes de ces grands physiciens se rapportent aux phénomènes de l'action chimique et sont parfaitement indépendantes des vues qu'ils ont pu exprimer sur le rôle de l'électricité dans les corps composés.

» Je me suis servi dans le cours de ce Mémoire, et à plusieurs reprises, des réactions des corps comme étant le seul moyen bien propre à en dévoiler la nature réelle. Une objection se présente toutefois dans les expériences mêmes auxquelles j'ai souvent renvoyé le lecteur, ainsi :

» Un chimiste qui, sans en connaître l'origine, aurait eu à étudier le corps $C^8H^6Ch^4O$, voyant que sous l'influence de la potasse ce corps se changeait en chlorure de potassium et en acide acétique, y aurait certainement vu ou bien un chlorure du radical acétique, ou bien de l'acide acétique dans lequel une portion de l'oxigène se trouverait remplacée par du chlore; cependant ce corps n'est autre chose que l'éther chloré de M. Malaguti.

» De même, quand je me suis occupé de l'étude du chloroforme $C^4H^2Ch^6$; la manière dont il se comporte avec la potasse, la formation du chlorure de potassium et de l'acide formique qui en résulte, me conduisirent à le considérer comme étant de l'acide formique $C^4H^2O^3$ dans lequel l'oxigène se trouvait remplacé par des quantités équivalentes de chlore; cependant M. Régnault a démontré dans ces derniers temps que le chloroforme n'est autre chose que de l'éther hydro-chlorique du méthylène dans lequel une portion de l'hydrogène a été remplacée par du chlore; le corps $C^4H^6Ch^2$ s'étant converti par cette substitution en $C^4H^2Ch^6$.

» Il résulterait de ces exemples que l'on pourrait multiplier, que les réactions ne sont point un guide fidèle, car elles nous conduisent à rapporter à l'acide acétique un corps dérivé de l'éther, et à l'acide formique un corps qui représente l'éther hydro-chlorique du méthylène. Mais en y regardant de plus près, on voit qu'en effet

l'éther.....	$C^8H^{10}O$,
l'éther chloruré.....	C^8H^6O Ch^4,
l'acide acétique.....	C^8H^6O O^2,

appartiennent réellement au même groupement moléculaire, et qu'en disant que l'éther chloruré dérive de l'éther et qu'il engendre l'acide acétique, on n'a réellement rien dit qui soit contradictoire.

» D'un autre côté

l'éther méthylique.....	C^4H^6O,
l'acide formique.....	$C^4H^2O\ O^2$,
l'éther chloro-méthylique	$C^4H^6Ch^2$,
le chloroforme.....	$C^4H^2Ch^2\ Ch^4$,

constituent des corps du même groupement moléculaire, en sorte qu'on peut envisager le chloroforme comme de l'acide formique anhydre, ou comme de l'éther chloro-méthylique bichloruré, sans que ces deux façons de voir ne se contredisent en rien.

» Il résulte de là que les réactions chimiques, sans avoir le caractère absolu qu'on leur a prêté souvent, méritent une confiance qui a pu être momentanément ébranlée, mais qu'un examen plus approfondi rétablit à sa vraie place dans nos esprits.

» En effet, nous avons admis que les substitutions peuvent dévoiler le groupement moléculaire des corps, en fournissant une suite d'équations de condition auxquelles la formule générale devra satisfaire. Or, il est évident que les réactions métamorphosantes ne sont bien souvent que des moyens d'opérer des substitutions, en mettant à profit des affinités plus compliquées que celles qu'on utilise dans les substitutions ordinaires.

» Il faut donc, plus que jamais, se rattacher à l'étude des réactions du corps, et ne pas s'inquiéter de la distance qui sépare souvent le terme d'où l'on est parti de celui où l'on arrive; car il pourra fort bien arriver que ces deux termes, si dissemblables dans leurs propriétés, se rattachent réellement l'un à l'autre par la théorie des substitutions et appartiennent au même groupement moléculaire.

» La loi des substitutions exprime donc une simple relation expérimentale; elle se borne à énoncer un rapport souvent observé entre l'hydrogène perdu et le chlore absorbé par un corps hydrogéné soumis à l'action du chlore. Cette loi établit seulement que si la substance perd 1, 2, 3 équivalents d'hydrogène, elle gagnera 1, 2, 3 équivalents de chlore; mais elle n'explique pas ce fait.

» La théorie des types va plus loin; elle explique ce que la loi des substitutions se contente de préciser. Elle envisage les corps organiques comme étant formés de particules, qui peuvent être déplacées et remplacées, sans que le corps soit détruit, pour ainsi dire. Dans les cas cités plus haut, la molécule de l'acide acétique, celle de l'éther, peuvent perdre de l'hydrogène et prendre du chlore, sans cesser de constituer une molécule acide ou basique, formée du même nombre d'équivalents et douée des mêmes propriétés fondamentales.

» C'est donc parce que, sous peine de se détruire, la molécule de l'acide acétique doit prendre un équivalent de chlore pour remplacer l'équivalent d'hydrogène qu'elle perd, que cette substitution, ce remplacement s'effectue. C'est ainsi que la théorie des types explique la loi des substitutions.

» La substitution d'un élément à un autre, équivalent à équivalent, est l'effet; la conservation du type est la cause. La molécule organique, le type organique, constituent un édifice dans lequel on peut remplacer une assise d'hydrogène par une assise de chlore, de brome ou d'oxigène, sans que les relations extérieures de l'édifice en soient modifiées. Mais il faut, quand on enlève l'assise d'hydrogène, mettre quelque chose à la place, sinon l'édifice s'écroule ou se transforme.

» A peine la loi des substitutions était-elle énoncée, qu'elle devint en Allemagne l'objet de critiques sévères, auxquelles il me parut inutile de répondre. Si cette loi était juste, c'était à l'expérience à nous l'apprendre; si elle était fausse, c'était encore à l'expérience à prononcer. Dans tous les cas, il fallait laisser au temps le soin de lui marquer sa place.

» A peine la théorie des types a-t-elle été émise, que les mêmes critiques se sont reproduites, au moins de la part de M. Berzélius; et malgré tout mon dévouement aux intérêts de la science, j'aurais voulu, de nouveau, laisser au temps et à l'expérience le soin de prononcer sur ces débats.

» Mais en y réfléchissant, il m'a paru complétement évident que par suite des recherches de la chimie organique, la chimie générale se trouvait parvenue à une de ces époques de crise, où chacun doit à la science le tribut de ses convictions.

» Il ne faut plus se dissimuler que deux systèmes d'idées sont en présence. L'un qui a pour appui toute l'autorité du passé, les droits acquis d'une possession paisible presque séculaire maintenant, l'assentiment tacite d'un grand nombre de chimistes, et qui compte parmi ses défenseurs et à leur tête, un savant illustre entre les plus illustres, M. Berzélius.

» L'autre, qui consiste à dire que les corps formés du même nombre d'équivalents chimiques, unis de la même manière, appartiennent au même type moléculaire et souvent au même type chimique.

» Ce dernier attribue au nombre et à l'arrangement des particules une influence de premier ordre, qui, dans les idées de la chimie reçue, appartient surtout à leur nature. La loi des substitutions serait la démonstration expérimentale de ce nouveau système, et elle aurait conduit quelques-uns de ses partisans à l'adopter. Je n'en réclame pas l'invention, car il ne fait que reproduire et préciser, sous une forme plus générale, des opinions qu'on retrouverait dans les écrits d'un grand nombre de chimistes

et en particulier de MM. Robiquet, Mitscherlich, Liebig, Laurent, Persoz, Couerbe, etc. C'est précisément cette coïncidence entre les faits nombreux que la loi des substitutions a conduit à découvrir, et les opinions déjà connues relatives à l'influence de certains arrangements moléculaires préexistants, qui m'a donné la confiance nécessaire pour les adopter à mon tour, quand j'ai proposé d'admettre des types organiques.

» Voilà donc en présence deux systèmes : l'un qui attribue le rôle principal à la nature des éléments, l'autre qui le réserve pour le nombre et l'arrangement des équivalents.

» Poussé à l'extrême, chacun d'eux, suivant mon opinion, se trouverait conduire à l'absurde. Réglé par l'expérience et retenu par elle en de sages limites, chacun d'eux doit prendre une large part dans l'explication des phénomènes chimiques; et, pour faire comprendre par un dernier mot le sens que j'attache à leur rôle respectif, je dirai qu'en chimie la nature des molécules, leur poids, leur forme et leur situation doivent exercer, chacun de leur côté, une influence réelle sur les propriétés des corps.

» C'est l'influence de la nature des molécules que Lavoisier a si bien définie; c'est celle de leur poids que M. Berzélius a caractérisée par ses immortels travaux. On peut dire que les découvertes de M. Mitscherlich se rapportent à l'influence de leur forme, et l'avenir prouvera si les travaux actuels des chimistes français sont destinés à nous donner la clé du rôle qui appartient à leur position. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions alternées et sur diverses formules d'analyse; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« Après les fonctions symétriques de plusieurs variables, c'est-à-dire après les fonctions qui conservent les mêmes valeurs quand on échange ces variables entre elles, viennent naturellement se placer les fonctions que j'ai nommées *fonctions alternées*, et qui, étant composées de termes alternativement positifs et négatifs, peuvent seulement changer de signe, en conservant au signe près les mêmes valeurs, quand on échange entre elles les variables ou les quantités qu'elles renferment. La considération de ces fonctions conduit à un grand nombre de formules remarquables, soit dans l'algèbre, soit dans la théorie des nombres. Entrons à ce sujet dans quelques détails.

» J'ai déjà fait voir, dans l'analyse algébrique, que la considération des fonctions alternées offrait la méthode la plus facile pour l'établissement des formules générales relatives à la résolution des équations du premier degré, quel que soit d'ailleurs le nombre des inconnues. En appliquant

cette méthode au développement du produit de plusieurs facteurs de la forme $1+xz,\quad 1+x^2z,\quad 1+x^3z,\ldots$ on trouve

$$(1)\quad \begin{cases} (1+xz)(1+x^2z)(1+x^3z)\ldots\ldots\ (1+x^mz) = \\ 1+xz\,\dfrac{1-x^m}{1-x}+x^3z^2\,\dfrac{(1-x^m)(1-x^{m-1})}{(1-x)(1-x^2)}+\text{etc.}\ldots+x^{\frac{m(m+1)}{2}}z^m. \end{cases}$$

Lorsque la variable x, réelle ou imaginaire, offre un module inférieur à l'unité, il suffit de faire croître m indéfiniment pour déduire de l'équation (1) une formule donnée par Euler (*Introduc. in Analysin infinitorum*, cap. XVI), savoir,

$$(1+xz)(1+x^2z)(1+x^3z)\ldots = 1+\frac{x}{1-x}z+\frac{x^3}{(1-x)(1-x^2)}z^2+\ldots.$$

Les théorèmes importants qu'Euler a déduits de cette dernière formule, se trouvent évidemment renfermés, comme cas particuliers, dans les théorèmes analogues qui se déduisent immédiatement de la formule (1).

» Si dans l'équation (1) on remplace d'abord x par x^2, puis z par $\frac{z}{x}$, on en tirera

$$(2)\quad \begin{cases} (1+xz)(1+x^3z)(1+x^5z)\ldots\ (1+x^{2m-1}z) = \\ 1+xz\,\dfrac{1-x^{2m}}{1-x^2}+x^4z^{m-2}\,\dfrac{(1-x^{2m})(1-x^{2m-2})}{(1-x^2)(1-x^4)}+\ldots\ +x^{m^2}z^m. \end{cases}$$

» Si dans les formules (1) et (2) on remplace z par $-\frac{1}{z}$, on obtiendra des formules de même genre qui fourniront les développements des produits

$$(3)\quad (z-x)(z-x^2)\ldots(z-x^m),\quad (z-x)(z-x^3)\ldots(z-x^{2m-1}),$$

suivant les puissances descendantes de z.

» Si, au lieu de développer les produits (3), on se proposait de décomposer en fractions simples des fractions rationnelles qui offriraient pour dénominateurs ces mêmes produits, on y parviendrait aisément à l'aide de la formule d'interpolation de Lagrange. Ainsi, par exemple, en désignant par $f(z)$ une fonction entière de z, d'un degré inférieur à m, on trouverait généralement

$$(4)\quad \begin{cases} \dfrac{(1-x)(1-x^2)\ldots(1-x^m)}{(z-x)(z-x^2)\ldots(z-x^m)}\,f(z) = \dfrac{f(x)}{x^{m-1}}\,\dfrac{1-x^m}{z-x} \\ -x\,\dfrac{f(x^2)}{x^{2(m-1)}}\,\dfrac{(1-x^m)(1-x^{m-1})}{(1-x)(z-x^2)}+x^3\,\dfrac{f(x^3)}{x^{3(m-1)}}\,\dfrac{(1-x^m)(1-x^{m-1})(1-x^{m-2})}{(1-x)(1-x^2)(z-x^3)} \\ -\text{etc.}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \pm x^{\frac{m(m-1)}{2}}\,\dfrac{f(x^m)}{x^{m(m-1)}}\,\dfrac{1-x^m}{z-x^m}. \end{cases}$$

» Dans les divers termes du développement que renferme la formule (1), les puissances entières de z se trouvent respectivement multipliées par les facteurs

$$x,\ x^3,\ x^6,\ldots$$

c'est-à-dire par les puissances de x dont les exposants se réduisent aux nombres triangulaires. Si l'on nomme S_m ce que devient le développement dont il s'agit quand on supprime ces facteurs, on aura

$$(5)\qquad S_m = 1 + z\frac{1-x^m}{1-x} + z^2\frac{(1-x^m)(1-x^{m-1})}{(1-x)(1-x^2)} + \ldots + z^m,$$

et l'on en conclura non-seulement

$$(6)\quad S_m - S_{m-1} = x^{m-1}z + x^{m-2}z^2\frac{1-x^{m-1}}{1-x} + x^{m-3}z^3\frac{(1-x^{m-1})(1-x^{m-2})}{(1-x)(1-x^2)} + \ldots,$$

mais encore

$$(7)\qquad S_m - (1+z)S_{m-1} + (1-x^{m-1})zS_{m-2} = 0.$$

» Si, dans la formule (6), on pose $z = x^{\frac{1}{2}}$, elle donnera

$$(8)\qquad S_m = (1 + x^{\frac{m}{2}})S_{m-1},$$

et l'on aura par suite

$$(9)\quad (1+x^{\frac{1}{2}})(1+x)\ldots(1+x^{\frac{m}{2}}) = 1 + \frac{1-x^m}{1-x}x^{\frac{1}{2}} + \frac{(1-x^m)(1-x^{m-1})}{(1-x)(1-x^2)}x + \ldots + x^{\frac{m}{2}}.$$

» Si, dans la formule (7), on pose $z = -1$, elle donnera

$$(10)\qquad S_m = (1 - x^{m-1})S_{m-2},$$

et l'on aura par suite

$$(11)\quad (1-x)(1-x^3)\ldots(1-x^{2m-1}) = 1 - \frac{1-x^{2m}}{1-x} + \frac{(1-x^{2m})(1-x^{2m-2})}{(1-x)(1-x^2)} - \ldots + 1.$$

Ainsi la considération du développement désigné par S_m conduit immédiatement aux formules (9) et (11), que M. Gauss a données dans le Mémoire intitulé *Summatio serierum quærumdam singularium.*

» Dans la théorie des nombres, la considération des fonctions alternées fournit, comme je l'ai fait voir précédemment, des théorèmes relatifs aux formes quadratiques des nombres premiers et de leurs puissances. Elle conduit aussi de la manière la plus directe au beau théorème de M. Gauss sur la forme quadratique que peut acquérir le premier membre d'une équation binome, débarrassée de la racine 1; théorème qui peut être

étendu, comme l'a remarqué M. Dirichlet, au cas même où l'exposant n'est pas un nombre premier. Voulant montrer comment cette extension peut être opérée, M. Dirichlet a choisi pour exemple le cas où l'exposant est le produit de deux facteurs premiers impairs. La formule qu'il a ainsi obtenue, et les formules analogues qui correspondraient au cas où l'exposant contiendrait plus de deux facteurs, se trouvent renfermées dans le théorème général qui comprend celui de M. Gauss, et qu'on peut énoncer comme il suit :

» *Théorème.* Supposons que dans l'équation binome

$$x^n - 1 = 0,$$

les facteurs premiers impairs de l'exposant n soient inégaux, le facteur pair, s'il existe, étant 4 ou 8. Lorsqu'on aura débarrassé l'équation de ses racines non primitives, le quadruple du premier membre pourra être présenté sous la forme quadratique

$$X^2 \pm n Y^2,$$

X, Y, désignant des fonctions entières de la variable x, dans lesquelles les diverses puissances de cette variable auront pour coefficients des nombres entiers.

» *Nota.* Si aux racines primitives de l'équation binome

$$x^n - 1 = 0,$$

on substitue les racines correspondantes de l'équation binome

$$x^n - y^n = 0,$$

le produit des facteurs linéaires correspondants aux racines dont il s'agit sera encore de la forme

$$X^2 \pm n Y^2.$$

Seulement X et Y représenteront deux fonctions entières, non plus d'une variable unique x, mais des deux variables x, y. »

THÉORIE DES NOMBRES. — *Suite des observations sur les formes quadratiques de certaines puissances des nombres premiers. Théorèmes relatifs aux exposants de ces puissances; par* M. AUGUSTIN CAUCHY.

« Adoptons les notations dont nous avons fait usage dans les articles précédents (pages 51 et 98), et soient en conséquence

p un nombre premier impair,

n un diviseur de $p - 1$,

$h, k, l \ldots$, les entiers inférieurs à n, mais premiers à n;

Θ_h, Θ_k, Θ_l,... les facteurs primitifs correspondants du nombre p,
N le nombre des entiers h, k, l,...
ρ une racine primitive de l'équation,

$$x^n = 1, \tag{1}$$

enfin Δ une somme alternée des racines primitives de cette même équation. On pourra partager les entiers

$$h, k, l, \ldots$$

en deux groupes

$$h, h', h'', \ldots \quad \text{et} \quad k, k', k'', \ldots$$

en plaçant ces entiers ou dans le premier ou dans le second groupe, suivant que les puissances de ρ, dont ils seront les exposants, se trouveront affectées du signe + ou du signe — dans la somme alternée Δ ; et alors les facteurs primitifs

$$\Theta_h, \Theta_k, \Theta_l, \ldots$$

se trouveront eux-mêmes partagés en deux groupes

$$\Theta_h, \Theta_{h'}, \Theta_{h''}, \ldots \quad \text{et} \quad \Theta_k, \Theta_{k'}, \Theta_{k''}, \ldots$$

Cela posé soient

$$\mathrm{I} = \Theta_h \Theta_{h'} \Theta_{h''} \ldots, \quad \mathrm{J} = \Theta_k \Theta_{k'} \Theta_{k''} \ldots; \tag{2}$$

on aura généralement

$$\mathrm{IJ} = p^{\frac{N}{2}}, \tag{3}$$

De plus, des deux binomes

$$\mathrm{I} + \mathrm{J}, \quad \mathrm{I} - \mathrm{J},$$

le premier sera une fonction symétrique, le second une fonction alternée des racines primitives de l'équation (1); et, si la somme alternée Δ est telle que l'on ait

$$\Delta^2 = \pm n, \tag{4}$$

on trouvera non-seulement

$$\mathrm{I} + \mathrm{J} = \mathrm{A}, \tag{5}$$

mais encore

$$\mathrm{I} - \mathrm{J} = \mathrm{B}\Delta, \tag{6}$$

A, B désignant deux quantités entières, dont la seconde pourra s'évanouir. Alors aussi l'on aura généralement

$$h + h' + h'' + \ldots \equiv k + k' + k'' + \ldots \equiv 0, \pmod{n}. \tag{7}$$

Toutefois, ces diverses formules ne sont pas applicables aux cas particuliers où n se réduirait à l'un des nombres 3, 4, 8. Mais ces trois cas peuvent être traités séparément et fournissent des résultats déjà connus (voir les pages 60 et 61).

» Si l'on suppose l'équation (4) réduite à

$$\Delta^2 = n,$$

on trouvera

$$I = p^{\frac{N}{4}}, \quad J = p^{\frac{N}{4}},$$

et par suite

$$A = 2p^{\frac{N}{4}}, \quad B = 0.$$

Mais, si l'équation (4) se réduit à

$$\Delta^2 = -n, \tag{8}$$

B offrira une valeur différente de zéro. Alors aussi des équations (5), (6), jointes aux formules (3) et (8), on tirera

$$4p^{\frac{N}{2}} = A^2 + B^2. \tag{9}$$

Si d'ailleurs on nomme p^λ la plus haute puissance de p qui divise simultanément A et B, on aura

$$A = p^\lambda x, \quad B = p^\lambda y, \tag{10}$$

x, y désignant deux quantités entières, non divisibles par p; et, en posant

$$\mu = \frac{N}{2} - 2\lambda, \tag{11}$$

on verra la formule (9) se réduire à la suivante

$$4p^\mu = x^2 + ny^2. \tag{12}$$

La condition (8) se trouvera effectivement remplie et entraînera la formule (12), si le nombre n est de l'une des formes

$$4x + 3, \quad 4(4x + 1),$$

ou bien encore de l'une des formes

$$8(4x + 1), \quad 8(4x + 3),$$

pourvu que dans la dernière hypothèse on choisisse convenablement ceux des entiers

$$h,\ k,\ l,$$

qui devront composer le premier groupe $h, h', h''\ldots$ Ajoutons que l'on pourra prendre pour

$$h,\ h',\ h'',\ \ldots$$

si n est de la forme $4x+3$, ceux des nombres entiers $h, k, l, \ldots$ qui vérifieront la condition

$$\left(\frac{h}{n}\right) = 1;$$

si n est de la forme $4(4x+1)$, ceux qui vérifieront, ou les deux conditions

$$\left(\frac{h}{\frac{1}{4}n}\right) = 1, \qquad h \equiv 1, \qquad (\text{mod. } 4),$$

ou les deux conditions

$$\left(\frac{h}{\frac{1}{4}n}\right) = -1, \quad h \equiv -1, \quad (\text{mod. } 4);$$

si n est de la forme $8(4x+1)$, ceux qui vérifieront les conditions

$$\left(\frac{h}{\frac{1}{8}n}\right) = 1, \qquad h \equiv 1 \text{ ou } 3, \ (\text{mod. } 8),$$

ou les conditions

$$\left(\frac{h}{\frac{1}{8}n}\right) = -1, \quad h \equiv 5 \text{ ou } 7, \ (\text{mod. } 8);$$

enfin si n est de la forme $8(4x+3)$, ceux qui vérifieront les conditions

$$\left(\frac{h}{\frac{1}{8}n}\right) = 1, \qquad h \equiv 1 \text{ ou } 7, \ (\text{mod. } 8),$$

ou les conditions

$$\left(\frac{h}{\frac{1}{8}n}\right) = -1, \quad h \equiv 3 \text{ ou } 5, \ (\text{mod. } 8).$$

» La valeur de l'exposant μ qui correspond à une valeur donnée de n, peut être facilement déterminée à l'aide des considérations suivantes.

» En ayant égard aux équations

$$\Theta_0 = -1, \quad \Theta_l\Theta_{l'} = R_{l,l'}\Theta_{l+l'}, \tag{13}$$

et à la formule (7), on tirera des équations (2),

$$(14)\qquad \begin{cases} \mathrm{I} = -\mathrm{R}_{h,k}\mathrm{R}_{h+k,k''}\mathrm{R}_{h+k'+h'',k'''}\dots, \\ \mathrm{J} = -\mathrm{R}_{k,k'}\mathrm{R}_{k+k',k''}\mathrm{R}_{k+k'+k'',k'''}\dots. \end{cases}$$

D'autre part,

$$l,\ l',$$

étant deux nombres inférieurs à n et premiers à n, on aura généralement

$$\mathrm{R}_{l,l'}\mathrm{R}_{-l,-l'} = p,$$

par conséquent

$$(15)\qquad \mathrm{R}_{l,l'}\mathrm{R}_{n-l,n-l'} = p;$$

et, comme des deux sommes

$$l+l',\quad (n-l)+(n-l') = 2n-(l+l'),$$

renfermées entre les limites 0, $2n$, il y en aura toujours une comprise entre les limites 0, n, l'autre étant comprise entre les limites n, $2n$, il résulte des formules (14) et (15), jointes à l'équation (3), que l'on aura toujours

$$(16)\qquad \mathrm{I} = -p^f\frac{\mathrm{F}}{\mathrm{G}},\quad \mathrm{J} = -p^g\frac{\mathrm{G}}{\mathrm{F}},$$

f, g désignant deux nombres entiers propres à vérifier la condition

$$(17)\qquad f+g = \frac{\mathrm{N}}{2},$$

et F, G des produits composés avec des facteurs de la forme

$$\mathrm{R}_{l,l'},$$

dans chacun desquels on pourra supposer les indices l, l' tous deux inférieurs à n, et leur somme $l+l'$ renfermée entre les limites n, $2n$. Si, d'ailleurs on substitue dans la formule (5) les valeurs de I, J fournies par les équations (16), on trouvera, en ayant égard à la première des équations (10),

$$p^f\mathrm{F}^2 + p^g\mathrm{G}^2 + p^\lambda\mathrm{FG}x = 0,$$

et par suite

$$(18)\qquad p^{f-m}\mathrm{F}^2 + p^{g-m}\mathrm{G}^2 + p^{\lambda-m}\mathrm{FG}x = 0,$$

m étant un nombre entier quelconque que l'on pourra réduire au plus petit des trois nombres

$$f,\ g,\ \lambda,$$

afin que chacun des trois exposants

$$f - m,\quad g - m,\quad \lambda - m,$$

soit nul ou positif.

» Posons maintenant pour abréger

$$p - 1 = n\varpi, \tag{19}$$

et

$$\Pi_{l,l'} = \frac{1.2.3\ldots(l+l')\varpi}{(1.2\ldots l\varpi)(1.3\ldots l'\varpi)}. \tag{20}$$

On reconnaîtra aisément que, si, dans l'expression

$$R_{l,l'},$$

on substitue à la racine primitive ρ de l'équation (1), une racine primitive r de l'équivalence

$$x^n \equiv 1,\ (\text{mod. } p),$$

cette expression se transformera en une quantité équivalente au signe près à

$$-\Pi_{n-l,n-l'}.$$

Supposons qu'en vertu de cette même substitution, les deux produits représentés par

$$F \text{ et } G,$$

se transforment en des quantités équivalentes à certains entiers représentés par

$$\mathcal{F} \text{ et } \mathcal{G};$$

la formule (18) entraînera la suivante

$$p^{f-m}\mathcal{F}^2 + p^{g-m}\mathcal{G}^2 + p^{\lambda-m}\mathcal{F}\mathcal{G}x \equiv 0,\ (\text{mod. } p). \tag{21}$$

D'ailleurs, l, l' étant deux entiers inférieurs à m, la condition

$$\Pi_{n-l,\,n-l'} \equiv 0,\quad (\text{mod. } p)$$

se vérifiera toutes les fois que la somme $l+l'$ restera comprise entre les limites $0, n$, mais elle n'aura plus lieu lorsque la même somme sera comprise entre les limites $n, 2n$. Donc les nombres entiers $\mathcal{F}, \mathcal{G}$ seront premiers à p, ainsi que x. D'ailleurs, pour que la somme de trois nombres entiers soit divisible par p, il faut que p les divise tous trois, ou que deux au moins soient premiers à p. Donc, lorsque, dans la formule (21), on prendra pour m le plus petit des trois nombres

$$f, \quad g, \quad \lambda,$$

alors des trois exposants

$$f-m, \quad g-m, \quad \lambda-m,$$

deux, au moins, devront s'évanouir simultanément; et comme la supposition

$$f-m=g-m=0$$

entraînerait l'égalité des nombres f, g, il est clair que si ces nombres sont inégaux, l'un des exposants nuls sera

$$\lambda-m,$$

l'autre étant

$$g-m \text{ ou } f-m.$$

Supposons, pour fixer les idées, que les deux exposants nuls soient $g-m$ et $\lambda-m$, on aura

$$\lambda=g, \tag{22}$$

et par suite on tirera de la formule (11) jointe à la formule (17)

$$\mu=f-g. \tag{23}$$

Si l'on eût supposé nuls les deux exposants $f-m$ et $\lambda-m$, on aurait trouvé $\mu=g-f$. Enfin, de la formule (21) combinée avec une formule du même genre qui se déduirait non plus de l'équation (5), mais de l'équation (6), on conclura aisément que, si f devenait égal à g, on aurait $\lambda=f=g$, et par suite $\mu=0=f-g$. On peut donc affirmer que, *dans l'équation* (12), *l'exposant* μ *sera toujours équivalent à la valeur numérique de la différence entre les deux nombres représentés par* f *et* g.

» Au reste, dans les diverses applications que nous avons faites de nos formules, nous avons toujours obtenu pour la différence $f-g$ une quan-

tité positive; et l'on peut d'ailleurs démontrer que cette différence, qui s'évanouit quand on a

$$\Delta^2 = n,$$

cesse toujours d'être nulle quand on a, au contraire, comme nous le supposons ici,

$$\Delta^2 = -n.$$

» L'équation (21) fournit encore un moyen facile de trouver une quantité à laquelle x soit équivalent suivant le module p. On en tire, par exemple, en supposant $f > g$, et par conséquent $m = \lambda = g$,

$$x \equiv -\frac{\mathcal{G}}{\mathcal{F}}, \quad (\text{mod. } p). \tag{24}$$

» D'après ce qui a été dit dans un autre Mémoire (voir la séance du 28 octobre 1839), on pourra facilement calculer les nombres entiers $\mathcal{G}$, $\mathcal{F}$ qui sont renfermés dans la formule (24), et dont chacun est le produit de plusieurs facteurs de la forme

$$\Pi_{l,l'},$$

l, l' désignant des entiers inférieurs à n.

» On peut simplifier encore le calcul de l'exposant μ, en opérant comme il suit.

» Posons, comme à la page 59,

$$P = R_{h,h} R_{h',h'} \dots, \qquad Q = R_{k,k} R_{k',k'} \dots, \tag{25}$$

ou, ce qui revient au même,

$$P = \frac{\Theta_h^2 \Theta_{h'}^2 \dots}{\Theta_{2h} \Theta_{2h'} \dots}, \quad Q = \frac{\Theta_k^2 \Theta_{k'}^2 \dots}{\Theta_{2k} \Theta_{2k'} \dots}, \tag{26}$$

on en conclura, eu égard aux formules (2),

$$\frac{P}{Q} = \frac{I^2}{J^2} \frac{\Theta_{2k} \Theta_{2k'} \dots}{\Theta_{2h} \Theta_{2h'} \dots}. \tag{27}$$

On trouvera d'ailleurs, 1° en supposant n de la forme $8x + 7$,

$$\left(\frac{2}{n}\right) = 1, \quad \left(\frac{2l}{n}\right) = \left(\frac{l}{n}\right),$$

et par suite

$$\Theta_{2k}\Theta_{2k'}\ldots = \Theta_k\Theta_{k'}\ldots = \mathrm{I}, \quad \Theta_{2k}\Theta_{2k'}\ldots = \Theta_k\Theta_{k'}\ldots = \mathrm{J},$$

$$\mathrm{P} = \mathrm{I}, \quad \mathrm{Q} = \mathrm{J}, \quad \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{Q}} = \frac{\mathrm{I}}{\mathrm{J}}; \tag{28}$$

2° en supposant n de la forme $8x + 3$,

$$\left(\frac{2}{n}\right) = -1, \quad \left(\frac{2l}{n}\right) = -\left(\frac{l}{n}\right),$$

et par suite

$$\Theta_{2k}\Theta_{2k'}\ldots = \Theta_k\Theta_{k'}\ldots = \mathrm{J}, \quad \Theta_{2k}\Theta_{2k'}\ldots = \Theta_k\Theta_{k'}\ldots = \mathrm{I},$$

$$\mathrm{P} = \frac{\mathrm{I}^2}{\mathrm{J}}, \quad \mathrm{Q} = \frac{\mathrm{J}^2}{\mathrm{I}}, \quad \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{Q}} = \frac{\mathrm{I}^3}{\mathrm{J}^3}; \tag{29}$$

3° en supposant n divisible par 4 ou par 8,

$$\Theta_{2k}\Theta_{2k'}\ldots = \Theta_{4k}\Theta_{4k'}\ldots,$$

et par suite,

$$\frac{\mathrm{P}}{\mathrm{Q}} = \frac{\mathrm{I}^2}{\mathrm{J}^2}. \tag{30}$$

Supposons maintenant que parmi les entiers premiers à n, mais inférieurs à $\frac{1}{2}n$, on distingue ceux qui appartiennent au groupe

$$h,\ h',\ h'',\ldots$$

et dont le nombre sera désigné par i; les autres, dont le nombre sera désigné par j, formant une partie du groupe

$$k,\ k',\ k'',\ldots$$

on aura évidemment

$$i + j = \frac{\mathrm{N}}{2}, \tag{31}$$

et, en raisonnant comme ci-dessus, l'on trouvera

$$\mathrm{P} = p^i\frac{\mathrm{U}}{\mathrm{V}}, \quad \mathrm{Q} = p^j\frac{\mathrm{V}}{\mathrm{U}}, \tag{32}$$

U, V désignant des produits composés de facteurs de la forme

$$\mathrm{R}_{l,\nu},$$

dans chacun desquels on pourra supposer les indices l, l' tous deux inférieurs à n, et leur somme $l+l'$ renfermée entre les limites n, $2n$. Or les formules (16) et (32) donneront

$$\frac{\mathrm{I}}{\mathrm{J}} = p^{f-g}\frac{\mathrm{F}^2}{\mathrm{G}^2}, \quad \frac{\mathrm{P}}{\mathrm{Q}} = p^{i-j}\frac{\mathrm{U}^2}{\mathrm{V}^2}, \tag{33}$$

et de celles-ci combinées avec les équations (28), (29), (30), on déduira trois formules analogues à l'équation (18); puis, en remplaçant encore ρ par r dans ces trois formules, on en conclura immédiatement

$$f - g = i - j, \tag{34}$$

si n est de la forme $8x+7$;

$$f - g = \frac{i-j}{3}, \tag{35}$$

si n est de la forme $8x+3$; et

$$f - g = \frac{i-j}{2}, \tag{36}$$

si n est divisible par 4 ou par 8.

» Puisque des deux différences

$$f - g, \qquad i - j,$$

la seconde est le produit de la première par l'un des nombres entiers 1, 2, 3; si la première s'évanouit, la seconde s'évanouira pareillement, et l'on aura, en vertu de la formule (31),

$$i = j = \frac{\mathrm{N}}{4}.$$

Or cette dernière condition ne peut être remplie que dans le cas où les divers facteurs de l'un quelconque des produits P, Q, facteurs dont le nombre est $\frac{\mathrm{N}}{2}$, sont, deux à deux, de la forme

$$\mathrm{R}_{l,l}, \quad \mathrm{R}_{-l,-l};$$

par conséquent dans le cas où

$$l, \quad n-l,$$

appartiennent au même groupe; ce qui suppose $\Delta^2 = n$. Donc, lorsque $\Delta^2 = -n$, la différence $i-j$, et par suite la différence $f-g$, ne peuvent s'évanouir. »

M. Benjamin Delessert fait hommage à l'Académie du 4e volume de ses *Icones selectæ Plantarum*. (Voir au *Bulletin bibliographique*.)

« Les plantes figurées dans le 4e volume des *Icones selectæ* appartiennent toutes à la famille des Composées qui, dans ces dernières années, a été l'objet des laborieuses et savantes études de M. de Candolle. Le nombre des genres dont ce volume fait connaître l'organisation est de 86, parmi lesquels on peut citer comme très remarquables les suivants : *Chresta, Rumfordia, Flourensia, Mesogramma, Robinsonia, Balbisia, Dolomiæa, Thevenotia, Chionoptera* et *Leucomeris*. Les dessins ont été faits à Genève par M. Heyland, sous les yeux de M. de Candolle, qui a fait servir à cet effet les exemplaires de plantes sur lesquels les genres ont été établis. M. J. Decaisne a exécuté à Paris les analyses florales. »

NOMINATIONS.

La section de Physique, par l'organe de M. *Poisson*, propose de déclarer qu'il y a lieu d'élire à la place vacante dans son sein par suite du décès de M. *Dulong*.

L'Académie, consultée, par voie de scrutin, sur cette question, décide, à une majorité de 31 contre 6, qu'il y a lieu d'élire : en conséquence la Section présentera dans la prochaine séance une liste de candidats; MM. les membres en seront prévenus par billets à domicile.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

anatomie comparée. — *Remarques à l'occasion d'une Note de* M. Mandl, *sur la structure des écailles de poissons*. — Lettre de M. Agassiz.

(Renvoi à la Commission chargée de faire un rapport sur la Note de M. Mandl.)

« J'ai appris dans le temps que M. Mandl avait lu à l'Académie, le 24 juin 1839, les résultats d'observations qu'il a faites sur la structure des écailles des poissons, et que ses conclusions différaient de celles que j'ai publiées sur le même sujet. Mais ne connaissant pas exactement ses objections, j'ai dû attendre pour lui répondre que son Mémoire fût publié. Depuis qu'il a

paru dans les *Annales des Sciences naturelles,* en octobre dernier, j'ai revu soigneusement toutes les observations que j'ai publiées, il y a maintenant dix ans, dans le *genera* et *species* des poissons rapportés du Brésil par Spix, et que j'ai décrits pendant mon séjour à Munich, en 1829. J'ai également répété mes observations sur l'ensemble des écailles de poissons, dont j'ai exposé les résultats dans un des premiers chapitres de mes *Recherches sur les poissons fossiles.* En rappelant ces faits, je désire convaincre l'Académie que ce n'est point sur des souvenirs vieillis que je viens relever les assertions singulièrement légères de M. Mandl, mais bien après un nouvel examen de l'ensemble de la question. Il m'importe d'ailleurs d'insister sur ce point, et de faire connaître les choses telles qu'elles sont, car M. Mandl répète si souvent, dans son Mémoire, que les différences qui existent entre ses observations et les miennes proviennent de l'insuffisance des moyens d'observation dont je dispose, qu'on pourrait le croire très au fait de ce qui se passe dans mon cabinet d'études, et cependant je n'ai pas l'avantage d'être connu de lui. Au reste, M. Mandl, qui se pique d'être au courant de tout ce qui concerne l'observation microscopique, tant en France qu'à l'*étranger,* devrait savoir que je possède un excellent microscope de Frauenhofer, d'une construction particulière, dont M. Döllinger, l'illustre physiologiste de Munich, qui, par ses recherches microscopiques, a jeté un si grand jour sur l'embryologie et la circulation du sang dans les vaisseaux capillaires, a publié une description, avec planches, en 1830, et qu'il envisageait comme le meilleur instrument de ce genre connu alors.

» Je dirai encore que les observations dont je vais exposer les résultats, ont été faites sur les écailles de plus de 300 espèces, appartenant à toutes les familles de la classe des poissons, sans compter les nombreuses observations que j'ai faites sur la structure des écailles des poissons fossiles. Cependant, je me bornerai à énoncer ici les résultats généraux de ce travail, dont je donnerai les détails, accompagnés de nombreuses figures, dans un Mémoire que je me propose de publier prochainement.

» M. Mandl prétend que je me suis trompé en affirmant que *les écailles sont composées de lames superposées ;* il assure au contraire qu'elles sont formées de *cellules juxtaposées.* Il cherche même à le démontrer dans les écailles de la loche ; et cependant, dans ce même poisson, je suis parvenu à séparer les lames d'accroissement les unes des autres, et dans des coupes transversales nombreuses de différentes écailles, j'ai vu, à un grossissement de 250 fois le diamètre, la superposition de ces lames dans toute

l'épaisseur des écailles ; j'ai même déjà publié une figure d'une semblable coupe de l'écaille du *Salmo Trutta*, dans mon *Histoire naturelle des poissons d'eau douce*.

» M. Mandl affirme plus loin que les traits divergents à la surface des écailles que j'ai décrits comme des *sillons*, sont de véritables *canaux*. J'ose à peine croire que M. Mandl ait confondu les tubes médians des écailles de la ligne latérale (qui se ramifient quelquefois à leur extrémité postérieure) avec les sillons de leur surface; ce serait lui imputer une erreur trop grossière, et cependant je n'entrevois pas d'autre explication de ce qu'il avance ; mais ce que je puis affirmer positivement, c'est que les autres écailles n'ont jamais de canaux à leur surface, mais bien des sillons écrasés par le haut et qui se prolongent du bord d'une lame supérieure d'accroissement au bord de la lame inférieure suivante, comme le démontrent évidemment toutes les coupes transversales que l'on peut faire sur une écaille quelconque qui offre de pareils traits.

» M. Mandl prétend encore que les dentelures du bord postérieur des écailles pectinées ne sont pas *des échancrures des bords de leurs lames*, mais bien de *véritables dents ayant une racine enveloppée d'un sac*. Il suffit d'examiner les écailles des Sciènes, que M. Mandl cite comme exemple, en éloignant et en rapprochant successivement l'écaille du foyer du microscope, pour se convaincre que tout ce prétendu appareil dentaire ne repose que sur des illusions d'optique, résultant de la différence d'épaisseur de ces dentelures à leur base et à leur pointe, et qu'en réalité les pointes qui hérissent le bord postérieur des écailles des poissons que j'ai appelés *Cténoïdes*, sont simplement le résultat d'échancrures plus ou moins profondes de ce bord, et non des dents détachées.

» Enfin, M. Mandl paraît ignorer complétement qu'il existe des écailles émaillées qui diffèrent très sensiblement par leur structure de celles des poissons ordinaires et que l'on observe chez les poissons d'un ordre dont la plupart des espèces sont éteintes et que j'ai appelés *garoïdes*. Il ne s'arrête pas davantage à l'examen du chagrin des chondroptérygiens qui forment mon ordre des *placoïdes*.

» Je n'entrerai pas dans de plus longs détails sur la structure des écailles de poissons, *je conclus seulement de mes nouvelles observations que la description que j'en ai donnée précédemment est exacte, et que la manière de l'envisager de M. Mandl est fausse en tous points*.

» Quant à l'application que j'ai faite de cette étude des écailles à la classification des poissons, M. Mandl me reproche justement une erreur. Lors-

que j'ai décrit les muges comme des *cycloïdes*, je n'avais à ma disposition que les écailles d'un muge du Brésil très mal conservé, dont les écailles usées par le frottement ne présentaient plus de dentelures à leur bord postérieur; mais un nouvel examen de plusieurs espèces de ce genre m'a convaincu que les muges sont bien des *cténoïdes*, comme M. Mandl l'a indiqué.

» M. Mandl termine son Mémoire en affirmant que j'ai réuni dans une même famille des poissons qui ont des écailles de structure très différente. Pour répondre à cette assertion, je reprendrai simplement l'exemple cité par M. Mandl des *cobitis* que je range, avec tous les ichthyologistes modernes, dans la famille des cyprins. On peut se convaincre, en comparant les écailles des cobitis avec celles des *gobio*, des *barbus* et même avec celles des carpes proprement dites, pourvu que l'on observe de jeunes écailles avant que l'usure ait altéré leur surface, qu'elles présentent exactement la même structure, c'est-à-dire qu'elles sont formées de lames à bords simples, comme chez tous mes *cycloïdes*, et que par conséquent l'inconséquence qui m'est reprochée tombe d'elle-même.

» J'aurais adressé plus tôt ces réclamations à l'Académie, si, avant de le faire, je n'avais pas voulu revoir complétement mes observations précédentes, afin de prévenir toute nouvelle contestation à ce sujet. Les figures qui accompagnent mon Mémoire, et qui sont toutes dessinées par M. le Dr Vogt qui m'a aidé à revoir ce long travail, ne laisseront, je l'espère, plus aucun doute sur la véritable structure des écailles de poissons. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Second supplément au Mémoire sur le tirage des voitures et sur le frottement de seconde espèce; par* M. **Dupuit**. — (Extrait par l'auteur.)

(Commission précédemment nommée.)

« Les expériences de tirage faites par M. Dupuit, à l'aide de plans inclinés, n'ont jamais donné lieu ni à des chocs, ni à des glissements, comme le prétend M. Morin. Si ces accidents s'étaient présentés dans ce système d'expérimentation, ils n'auraient pu donner des résultats réguliers, toujours liés entre eux par une même loi, quel que fût le diamètre, le terrain, et la hauteur des plans.

» Ainsi, dans une expérience, faite le 29 août 1839, en présence de la Commission du roulage, différents diamètres abandonnés du haut d'un plan incliné de 1^m de hauteur, ont parcouru les espaces suivants, dont

on a déduit la résistance relative au diamètre d'un mètre, dans l'hypothèse des deux lois de la racine carrée et de la première puissance.

DIAMÈTRE D.	ESPACES parcourus S.	RÉSISTANCE POUR LE DIAMÈTRE DE 1 MÈTRE. Loi de la racine carrée $\frac{1}{S}\sqrt{D}$.	Loi de Coulomb $\frac{1}{S}D$.	OBSERVATIONS.
0,20	16m,50	0,0274	0,0121	Si la loi de Coulomb et de M. Morin était exacte, il faudrait que les chiffres de la 4e colonne fussent égaux entre eux. Cette condition est au contraire satisfaite par ceux de la 3e, qui vérifient ainsi la loi de la racine carrée.
0,40	23,90	0,0264	0,0166	
0,60	26,15	0,0282	0,0230	
0,80	28,45	0,0313	0,0281	
1,40	32,65	0,0310	0,0306	
1,60	36,00	0,0320	0,0390	

» Les chiffres relatifs à la loi de la racine carrée sont peu différents entre eux; ceux de la première puissance qui devraient vérifier la loi de Coulomb et de M. Morin, donnent des différences de 300 pour cent et s'écartent d'une manière régulière.

» Ces résultats ont été confirmés par des expériences faites avec le dynamomètre à compteur de M. Morin.

» On peut prouver par la géométrie élémentaire, que quand le tirage est proportionnel à la pression, il est indépendant de la largeur de la bande, et en raison inverse de la racine carrée du diamètre: ces deux propriétés résultent de ce que dans le cercle, les cordes sont proportionnelles à la racine carrée du rayon et à la racine carrée de la flèche.

» Suivant l'auteur, Coulomb s'est trompé dans ses expériences sur les diamètres, parce qu'il lui était impossible, dans une longueur de 0m,80 au plus, de reconnaître si le mouvement de ses cylindres était uniforme ou accéléré. Le rapport du poids additionnel, représentant le frottement de roulement aux masses en mouvement, était trop faible pour que l'accélération de vitesse fût perceptible.

» L'auteur attribue les erreurs des quatre expériences de M. Morin sur le même sujet, à ce que pour les deux premières, les différents diamètres n'ont pas roulé sur le même terrain, et pour les deux dernières à des er-

reurs de calcul, telles que pour l'une, les résultats une fois corrigés viennent tomber entre les deux lois, et que pour l'autre ils viennent prouver rigoureusement la loi de la racine carrée.

» Les neuf expériences de M. Morin sur la pression contiennent neuf erreurs de calculs et ne peuvent par conséquent rien prouver.

» Les expériences sur la largeur des bandes supposent à la fois que le tirage est proportionnel à la pression, en raison inverse du diamètre et dépendant de la largeur de la bande; ce qui ne peut pas être, comme on vient de le dire.

» Les expériences sur l'influence de la vitesse sur le pavé de Paris sont viciées par un grand nombre d'erreurs de calcul et par le principe erroné des diamètres: on ne peut donc admettre les formules de M. Morin.

» En faisant passer continuellement les voitures sur la même piste pour apprécier quelles sont les roues qui dégradent le plus les chaussées, M. Morin se place dans des circonstances exceptionnelles qui ne ressemblent en rien à ce qui se passe sur les routes bien entretenues où les roues circulent sur toute la surface. On sait parfaitement aujourd'hui prévenir, par l'entretien, les dégradations que M. Morin cherche à produire: il n'y a donc rien à demander à la police du roulage sous ce rapport. D'ailleurs la manière dont M. Morin évalue ces dégradations est tout-à-fait irrationnelle. Il n'est pas exact de dire que plus une ornière est tirante, plus elle est dégradée, car elle n'est jamais plus tirante que dans les moments où l'on vient de la réparer. L'auteur cite des expériences de M. Morin dans lesquelles le tirage va en diminuant à mesure que l'ornière augmente de profondeur.

» Il ne faut chercher à prévenir par la police du roulage, si coûteuse à l'industrie des transports, que les dégradations que l'art de l'entretien des routes ne peut empêcher; on ne peut donc, comme le fait M. Morin, scinder ces deux questions et imposer des réglements à l'industrie du roulage, sans s'inquiéter si les routes peuvent s'en passer. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Note sur une nouvelle soupape de sûreté pour les machines à vapeur; par* M. SOREL.

(Commission des rondelles fusibles.)

« Cette soupape, dit l'auteur, se distingue de celles qui ont été jusqu'ici proposées, surtout en ce qu'elle ne permet pas à la vapeur de dépasser le degré de pression déterminé, tandis que dans la plupart des appareils

ordinaires, malgré l'ouverture des soupapes, la force élastique de la vapeur peut augmenter dans la chaudière de plus d'une atmosphère, ce qui est parfois suffisant pour déterminer une explosion.

» La nouvelle soupape avertit par un bruit de sifflet très fort, du moment où la vapeur a atteint la limite de pression qu'on ne doit pas dépasser. A ce moment elle arrête la combustion dans le foyer en fermant un registre.

» Un second bruit différent du premier, mais non moins intense, annonce quand la chaudière a besoin de recevoir de l'eau. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Mémoire sur les causes qui produisent l'explosion dans les machines à vapeur; par* M. JACQUEMET.

Ce Mémoire est transmis par M. le *Ministre des Travaux publics*, à qui l'Académie en avait demandé communication, comme pièce pouvant servir au travail de la Commission qu'elle a chargée, sur l'invitation de l'administration, de s'occuper des moyens propres à diminuer la fréquence des explosions dans les machines à vapeur.

MINÉRALOGIE. — *Mémoire sur plusieurs espèces minérales qu'on trouve à Moresnet, près d'Aix-la-Chapelle; par* M. A. LEVY.

(Commissaires, MM. Al. Brongniart, Cordier, Beudant, Sturm.)

NAVIGATION. — *Nouvelle méthode pour calculer la marche des chronomètres et les différences de longitude; par* M. DAUSSY.

(Commissaires, MM. Arago, Beautemps-Beaupré, Savary.)

TOPOGRAPHIE. — *Considérations sur la représentation du terrain dans les cartes topographiques; par* M. AMELIN, professeur de dessin à l'École régimentaire de Montpellier.

(Commissaires, MM. Poncelet, Savary.)

M. DUFOUR, consul de France à San Remo, transmet un Mémoire de M. PANIZZI SAVIO. Ce Mémoire, écrit en italien, contient des considérations théoriques sur le mode de reproduction des champignons; l'auteur annonce l'envoi prochain d'un semblable travail sur une classe de lichens.

(Commissaires, MM. A. de Jussieu, Ad. Brongniart.)

CORRESPONDANCE.

M. Arago donne, d'après une Lettre de M. *de Humboldt*, quelques détails sur les derniers instants de M. Blumenbach, l'un des huit associés étrangers de l'Académie. Ce vénérable naturaliste est mort à Gœttingue le 22 janvier 1840, à l'âge de 88 ans. Sa fin a été exempte de douleurs, et son esprit paraît avoir conservé jusqu'au bout toute sa sérénité.

ASTRONOMIE. — *Nouvelle comète.*

MM. de Humboldt et Schumacher écrivent à M. *Arago* que M. *Galle*, de Berlin, a découvert, le 25 janvier 1840, une nouvelle comète, plus faible que celle du 2 décembre dernier. Le 25 janvier, à $11^h 45' 54''$ de temps moyen à Berlin, elle était par $304° 24' 13'',8$ d'ascension droite et par $63° 7' 28'',6$ de déclinaison boréale. Le mouvement propre diurne semblait être de $+ 3° 54'$ en ascension droite et de $0° 0'$ en déclinaison.

ASTRONOMIE. — *Orbite parabolique de la comète découverte à Berlin le 2 décembre* 1839, *par* M. Galle.

M. Valz a observé le nouvel astre, à Marseille, du 1er au 15 janvier. L'ensemble des quinze positions lui a donné ces éléments :

Temps du passage au périhélie.	Distance périhélie.	Longitude périhélie.	Nœud.	Inclinaison.	Sens du mouvt.
Janvier 4,4956 *t. m. de Paris.*	0,6185	192°14′45″	120° 0′30″	53°6′27″	*Direct.*

Trois observations faites à Paris par MM. *Eugène Bouvard, Laugier* et *Mauvais*, du 8 au 14 janvier, ont conduit M. *Mauvais* à l'orbite suivante :

Janvier 4,4977 *t. m. de Paris.*	0,6185	192°15′50″	119°59′39″	53°5′46″	*Direct.*

Cinq observations faites par les mêmes astronomes, entre le 8 et le 14 janvier, ont donné à M. *Laugier* :

Janvier 4,5251 *t. m. de Paris.*	0,6179	192°11′23″	119°53′52″	53°6′22″	*Direct.*

Ces éléments paraboliques représentent assez bien les observations pour qu'il n'y ait pas lieu à chercher des éléments elliptiques.

MÉTÉOROLOGIE. — *Pluie diluviale.* — Extrait d'une Lettre de M. VALZ à M. *Arago.*

En adressant le tableau des observations météorologiques qu'il a faites à Marseille en 1839, M. Valz signale la circonstance singulière que cette année 1839, a été à la fois et la plus sèche dont on ait conservé le souvenir dans le midi, et l'année où il est tombé la plus forte averse. « Le 21 sep-» tembre, dit M. Valz, un violent orage occasionna ici la plus forte pluie » qu'on y eût encore vue : 40 millimètres en 25 minutes... *La Canne-*» *bière,* que vous connaissez, cette rue de 30 mètres de large avec une » pente de 13 millimètres par mètre, fut entièrement submergée pendant » 5 minutes. L'eau s'y était élevée de $0^m,45$ au-dessus du trottoir. Il y pas-» sait de 30 à 35 mètres cubes d'eau par seconde. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les recherches faites antérieurement à celles de* M. Péligot, *concernant la composition de la canne à sucre.* — Extrait d'une Lettre de M. GUIBOURT.

« ... Je ne rappellerai pas ici les travaux si importants de Dutrône, ni d'autres encore; mais je crois devoir faire connaître qu'un pharmacien, chimiste aussi habile que modeste, que le sort a jeté loin de son pays, a profité de son séjour à la Nouvelle-Orléans pour faire une analyse complète de la canne à sucre, et les résultats qu'il a obtenus méritent certainement d'être cités. M. Avequin, dont le Mémoire se trouve imprimé par extrait dans le *Journal de Chimie médicale,* année 1836, pages 26 et 132, a reconnu, comme M. Péligot, que la canne, bien que ne fournissant environ que 0,50 de suc, ou de *vesou,* aux meilleurs moulins, en contient cependant 0,90 ou 0,91; en sorte, dit-il, qu'un habitant qui fabrique annuellement 300 boucauts de sucre, en obtiendrait 544 s'il pouvait extraire tout le jus que la canne renferme. Dans la pratique, ajoute-t-il, on n'atteindra jamais ce terme; mais au moyen de quelques perfectionnements dans les presses à cylindre, il serait possible d'obtenir 75 de jus pour 100 de canne, ce qui ferait plus des quatre cinquièmes de ce qu'elle en contient.

» M. Avequin ne porte cependant pas aussi haut que M. Péligot la quantité de sucre que l'on peut retirer de la canne; mais cela tient évidemment au climat de la Louisiane, qui est peu propre à la culture de la canne, car elle y dégénère; et l'on sait aussi que ce végétal est d'autant moins sucré qu'on le cultive plus en dehors des tropiques, à tel point qu'il serait pro-

bablement peu profitable de chercher à le répandre en Algérie. D'ailleurs, les résultats de M. Péligot se trouvent vérifiés, jusqu'à un certain point, par ceux de Dutrône qui indique, pour le suc de la canne, une variation de densité depuis le 5e jusqu'au 14e degré de Baumé, et qui admet dans ce dernier 25 livres 11 onces de sucre par quintal; ce qui ne ferait pas moins de 23 de sucre pour 100 de canne; mais ce produit est tout-à-fait un maximum qui ne sera jamais atteint dans la pratique, non plus probablement que le résultat un peu inférieur de M. Péligot.

» Je vous prie, M. le Président, de vouloir bien mettre sous les yeux de l'Académie différents produits des analyses de M. Avequin, qui sont aussi remarquables par leur pureté que par leur nature. Il y a déjà plusieurs années qu'ils ont été donnés par M. Avequin à l'École de Pharmacie de Paris. Un homme capable de les obtenir aurait à se plaindre de ses confrères et de l'établissement auquel il a donné de si loin un témoignage de son souvenir, si pas une voix ne s'élevait dans sa patrie pour défendre ses travaux contre l'oubli dont ils paraissent menacés. »

M. **Robiquet** confirme ce qui est dit dans la lettre de M. Guibourt de l'époque du travail de M. Avequin, et de celle à laquelle l'École de pharmacie a reçu les produits qui sont mis sous les yeux de l'Académie.

M. **Thénard** ajoute que M. Péligot avait connaissance du travail de M. Avequin, et qu'il n'avait pas manqué de le mentionner dans son Mémoire.

CHIRURGIE. — *Nouvelle opération pour guérir le strabisme.* — Lettre de M. **Dieffenbach.**

« J'ai fait, dit M. Dieffenbach, trois fois cette opération avec un complet succès, et les individus guéris ont été présentés à la Société médicale de Berlin, ainsi qu'à M. Jungker, célèbre oculiste, qui peuvent constater cet heureux résultat.

» Le premier individu opéré était un enfant de 7 ans, louchant fortement en-dedans, de l'œil droit. Je fis l'opération de la manière suivante : les paupières furent séparées par des crochets, puis j'enfonçai dans la conjonctive de l'angle interne de l'œil, un petit crochet bien pointu, qui fut remis entre les mains d'un aide. Je tirai alors le globe de l'œil en dehors, et je coupai d'abord la conjonctive, en pénétrant de plus en plus dans la profondeur, jusqu'à ce que je rencontrasse le muscle droit interne, qui fut aussi-

tôt coupé avec des ciseaux fins. L'œil, attiré par le muscle droit externe, fit de suite un mouvement brusque en dehors, pour se placer alors au milieu, dans une position normale. L'hémorragie ne fut pas considérable, et l'inflammation dont l'opération fut suivie, se borna seulement à l'angle interne de l'œil. Le traitement consistait en des compresses froides; en huit jours le malade fut complétement guéri.

» Le second malade, un enfant de 10 ans, affecté d'un fort strabisme convergent de l'œil droit, me fut présenté pour être opéré. Le procédé fut presque le même que pour le premier cas. La conjonctive fut incisée, l'œil fixé en dehors, et le muscle coupé. Cependant je n'observai pas que le globe de l'œil fît un mouvement brusque en dehors comme chez le premier individu; il se fixa au milieu, et la guérison fut également achevée au bout d'une semaine, par le même traitement.

» Le troisième malade, un garçon de 15 ans, affecté dès sa première année d'un strabisme convergent de l'œil gauche, fut opéré par moi à la Charité. Le procédé fut le même. Après avoir coupé le muscle interne, le globe fit au premier moment un mouvement en dehors, alors il prit une position naturelle. Huit jours après l'opération, il fut complétement guéri, et il n'existe plus une trace de strabisme. »

M. Arago, à l'occasion de cette communication, rappelle le procédé imaginé par M. Wollaston, pour la guérison du strabisme, et exprime le regret de ne pas trouver, parmi les opuscules de l'illustre physicien qui ont été publiés depuis sa mort, la théorie fort délicate d'un moyen, qui paraît avoir été employé avec un plein succès quand on s'est conformé aux règles qui en devaient diriger l'emploi. Si, comme il y a lieu de le craindre, il ne se trouve rien qui y ait rapport dans les papiers du savant anglais, M. Arago, qui a reçu ses confidences sur cet objet, se propose de remplir cette lacune de la science.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur un phénomène observé à Fontainebleau, le 22 décembre 1839.*

« Le dimanche 22 décembre, entre 5 heures et 9 heures du soir, par un temps doux et pluvieux, on a remarqué, à Fontainebleau, dans plusieurs rues de la ville, que des flammes phosphoriques s'échappaient de petites mares boueuses. Ces flammes, en sortant de l'eau du fond de laquelle elles paraissaient s'élever, produisaient une crépitation sensible.

Partout où l'on a observé ce phénomène, l'air était imprégné d'une forte odeur de phosphore qui se faisait sentir à une distance assez éloignée des flaques d'où les flammes s'échappaient: plus ou agitait l'eau, plus on augmentait la fréquence des clartés phosphoriques.

» Pendant plusieurs jours, avant le 22 décembre, il avait plu. Ce jour là même le temps était pluvieux, très humide, couvert et lourd. »

Cette Note est de M. de la Selve, sous-intendant militaire à Fontainebleau. Le phénomène qui y est rapporté a été remarqué par plusieurs autres personnes, dans des rues différentes de celles où M. de la Selve a fait ses observations. Ces personnes ne donnèrent à ce phénomène qu'une attention vague: M. de la Selve porta sur ces détails une attention plus spéciale, et il recueillit les circonstances consignées dans la Note ci-dessus qu'il a rédigée, vers le 15 janvier, pour la remettre à M. Costaz, qui la lui avait demandée.

M. **Sausseret**, cultivateur, écrit relativement à une modification qu'il croit qu'on pourrait faire subir avec avantage à la construction d'une *machine employée à battre le blé,* machine qu'il ne désigne pas d'ailleurs suffisamment pour qu'on puisse reconnaître quelle est celle qu'il a eue en vue.

M. **de Paravey** écrit relativement à la *patrie du maïs.* La ressemblance entre le nom que porte cette plante en Chine et celui que lui donnent, au dire de Stevenson, les Araucaniens, lui paraît ne pouvoir être fortuite; et quelques autres considérations le portent à penser que cette céréale serait passée du nord de l'Asie dans le nord de l'Amérique. Suivant lui, les Aztèques l'auraient apportée dans l'Amérique centrale d'où elle se serait répandue dans l'hémisphère austral, ne conservant d'ailleurs son nom originaire que vers le point le plus éloigné de celui où elle aurait été primitivement introduite.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur les transports opérés par la foudre.* — Lettre de M. **Peltier**.

« L'interprétation du fait communiqué par M. Hubert, dans la séance du 20 du mois dernier, celui d'un homme foudroyé, enlevé et transporté à une grande distance, rentre dans le travail sur les trombes que j'ai soumis au jugement de l'Académie. Son explication est dans le passage suivant que j'en extrais.

» Un nuage n'est point un *corps* proprement dit, tel qu'on entend or-

dinairement ce mot; ce n'est point un tout dont les particules soient solidaires, comme celles des corps solides ou même celles des liquides par leur adhérence et leur proximité. Les espaces qui les séparent maintiennent leur isolement et leur indépendance, et ce n'est que lors de leur condensation par une cause quelconque, que leurs masses se rapprochent quelque peu des corps ordinaires et se prêtent plus facilement aux échanges électriques. Cette indépendance des particules de vapeur peut exister à des degrés fort divers et passer de l'isolement complet à une densité semblable à celle d'une demi-liquidité, comme on le voit dans la portion inférieure de certaines trombes. L'électricité provenant de l'évaporation, forme autour de chaque particule de vapeur une sphère d'action qui est plus ou moins stable, suivant leur degré d'isolement. Si ces particules sont éloignées les unes des autres, si elles ont conservé une grande indépendance, si elles ne se sont pas groupées en parties plus considérables, elles gardent chacune toute leur énergie électrique, toute la tension qu'elles ont acquise; et la masse de vapeur agira avec une puissance d'action proportionnelle à la somme de ces forces partielles, sans qu'il y ait de décharges notables. Elle ne produira que les effets d'électricité statique d'attraction et de répulsion, et ceux de simple rayonnement.

» Si, au contraire, les particules de vapeur sont assez rapprochées pour que leurs sphères électriques se pénètrent profondément, si la répulsion de toutes ces sphères agit plus fortement que le lien qui les unit à la vapeur, toutes les particules intérieures perdront une portion de leur électricité au profit des particules extrêmes; il se formera autour de la masse nuageuse une couche d'électricité libre, comme il s'en forme autour de nos conducteurs ordinaires. Le nuage ou masse de vapeur aura par conséquent deux ordres de tension: la tension de l'électricité libre à la surface et celle de l'électricité conservée autour de chacune des molécules.

» Le nuage agit au moyen de ces deux tensions et il développe sur les corps voisins une électricité contraire, à l'état libre. Les deux électricités libres s'attirant réciproquement, se précipitent l'une vers l'autre et produisent une explosion par leur neutralisation. L'électricité particulaire, celle qui forme les sphères des molécules isolées, ne peut faire partie de ces échanges instantanés, puisqu'elle n'est point à la surface, qu'elle est restée coercée autour de chaque particule et n'a point quitté l'intérieur du nuage. Ainsi conservée, elle continue d'agir par sa tension sur les corps terrestres et d'y retenir à la surface à l'état libre, une électricité contraire. Il suit de ce double état, de cette double tension électrique,

qu'il y a deux actions de même nature mais distinctes, dont l'une produit une décharge ignée, accompagnée de ses effets ordinaires ; et l'autre, une tension puissante d'attraction, qui peut aller jusqu'à l'enlèvement et le transport des objets les plus lourds.

» Dans l'étude des phénomènes météorologiques, il ne faut jamais oublier que ces deux tensions électriques existent séparées, l'une libre autour des nuages, c'est celle qui produit les décharges ignées ; l'autre retenue autour des particules, et qui n'agit que par des effets statiques d'attraction ou de répulsion. C'est la tension libre à la périphérie qui domine dans les orages ordinaires et qui s'éteint dans les explosions ; c'est la tension particulaire qui domine dans les nuages trombiques, qui se manifeste par les puissantes attractions ou répulsions qui dévastent tout ce qui les entoure et qui ne s'éteint que par un rayonnement continu, par une suite de petites décharges entre les particules de vapeur ou entre les petits groupes de ces particules et non par des décharges de masses à la surface. Entre ces deux extrêmes, on trouve dans les orages ordinaires, et dans ceux accompagnés de trombes, tous les intermédiaires possibles, sans laisser aucun vide.

» D'après ce qui précède, il est facile de voir que la foudre qui a frappé l'homme dont parle M. Hubert, sortait évidemment d'un nuage possédant à un haut degré ces deux sortes de tension électrique. Cet homme, fortement chargé d'électricité contraire, a été attiré par le nuage jusqu'à ce que son rapprochement ait permis une explosion avec l'électricité libre, et il est alors retombé. Ces transports sont très communs avec les nuages trombiques. »

A cette lettre est jointe une Note sous enveloppe cachetée, portant pour suscription : « Sur l'indication de la cause qui groupe en nuages des vapeurs chargées de la même électricité contrairement à leur force répulsive. »

L'Académie en accepte le dépôt.

M. Dublar adresse une note concernant un moyen qu'il croit avoir trouvé de *simplifier notre système de numération écrite.*

M. Jaume Saint-Hilaire écrit que la description des procédés suivis dans l'Inde pour la fabrication de l'indigo ordinaire, lui ayant fait voir qu'on trouvait de l'avantage à prendre des feuilles à l'état sec pour les soumettre aux macérations qu'exige l'extraction de la matière colorante, il a fait des essais pour l'application de ce procédé à la *fabrication de l'indigo* du *poly-*

gonum tinctorium, et que ces essais ont eu tout le succès qu'il s'en était promis. Il adresse sous enveloppe cachetée la description du procédé qu'il a suivi.

L'Académie en accepte le dépôt.

La séance est levée à 5 heures. A.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu dans cette séance les ouvrages dont voici les titres :

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie royale des Sciences; 1^er^ semestre 1840, n° 4, in-4°.

Icones selectæ plantarum quas in prodromo systematis universalis, ex herbariis parisiensibus præsertim ex Lessertiano descripsit A.-P. DE CANDOLLE. *Editæ à* B. DELESSERT, *Acad. Scient. soc. honor.;* 4^e^ vol., in-fol.

Tableau de l'état physique et moral des Ouvriers employés dans les manufactures de coton, de laine et de soie; par M. le D^r^ VILLERMÉ; 2 vol. in-8°.

Mémoire sur les déviations simulées de la Colonne vertébale; par M. J. GUÉRIN; in-8°.

Mémoire sur une nouvelle méthode de traitement de Torticolis ancien; par le même; in-8°.

Mémoire sur l'Étiologie générale des Pieds-Bots congénitaux; par le même; in-8°.

Mémoire sur l'extension sigmoïde et la flexion dans le traitement des déviations latérales de l'Épine; par le même; in-8°.

Mémoire sur les caractères généraux du Rachitisme; par le même; in-8°.

Mémoire sur les variétés anatomiques du Pied-Bot congénital; par le même; in-8°.

Vues générales sur l'étude scientifique et pratique des difformités du Système osseux; par le même; in-8°.

Essai sur le Traitement médical et chirurgical des Scrofules; par M. H. BLATIN; in-8°.

Sur le Cerastium manticum, et quelques espèces de ce genre; par M. Soyer Villemet; Nancy, in-8°.

Du Pronostic en chirurgie, Thèse; par M. J. Franc; Montpellier, in-8°.

Pièces justificatives de la Plainte en contrefaçon de la Turbine Passot; par MM. Boudsot et Convers, de Besançon; in-4°.

Journal de Chimie médicale, de Pharmacie et de Toxicologie; fév. 1840, in-8°.

Journal des Connaissances nécessaires et indispensables; février 1840, in-8°.

L'Exposition, journal de l'Industrie et des Arts utiles; par M. Lebouteiller; 1re à 6e catégorie, 5e liv. in-fol.

Revue zoologique; par M. Guérin-Menneville; janv. 1840, in-8°.

Bibliothèque universelle de Genève; déc. 1839, in-8°.

Bericht.... *Analyse des Mémoires lus à l'Académie des Sciences de Berlin, et destinés à la publication;* oct. et nov. 1839, in-8°.

Bulletin chirurgical, examen des Méthodes et Opérations chirurgicales; par M. le Dr Laugier; n° 1—6, in-8°.

Gazette médicale de Paris; tome 8, n° 5, in-4°.

Gazette des Hôpitaux, nos 12—14, in-fol.

L'Expérience, journal; n° 123.

Gazette des Médecins praticiens; nos 8 et 9.

L'Esculape; journal des Spécialités; n° 6.

L'Ami des Sourds-Muets, journal; déc. 1839, in-8°.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. — JANVIER 1840.

Jours du mois.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT du ciel à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygrom.	Maxim.	Minim.		
1	756,59	+ 6,8		755,88	+ 9,2		755,72	+10,0		754,72	+ 5,8		+10,6	+ 5,3	Nuageux	S.
2	756,26	+ 8,3		756,76	+ 9,9		757,46	+10,8		758,82	+ 6,1		+11,2	+ 4,5	Beau	S. O.
3	760,56	+ 1,6		759,73	+ 4,4		759,35	+ 8,0		758,73	+ 6,9		+ 8,9	— 0,5	Brouillard	S. O.
4	755,95	+ 6,4		754,78	+ 7,7		753,58	+ 7,7		751,86	+ 6,6		+ 7,8	+ 5,7	Couvert	O. S. O.
5	751,36	+ 4,3		751,44	+ 4,1		751,66	+ 2,5		753,20	+ 0,4		+ 4,3	+ 0,5	Couvert	N. E.
6	756,28	— 1,7		756,42	+ 2,2		757,37	+ 2,7		760,54	— 0,6		+ 3,6	— 4,0	Beau	N. O.
7	763,03	— 4,3		762,12	— 2,3		761,58	— 1,4		761,64	— 3,9		— 1,3	— 5,0	Beau	E. N. E.
8	762,03	— 5,6		761,40	— 3,0		761,61	— 2,0		762,15	— 5,6		— 2,1	— 7,5	Beau	E.
9	764,31	— 6,2		763,89	— 4,8		764,05	— 1,4		765,03	— 2,2		— 0,2	— 8,9	Brouillard très épais	N.E.
10	768,38	— 3,4		768,23	— 3,2		768,86	— 4,2		770,54	— 5,4		— 3,1	— 4,0	Couvert	N.
11	772,37	— 7,2		771,79	— 4,4		771,18	— 3,4		772,07	— 6,0		— 3,0	— 9,0	Beau, Brouillard	N.
12	768,76	— 6,2		768,16	— 4,5		768,31	— 3,8		767,35	— 9,0		— 3,7	— 9,8	Beau	S. S. E.
13	765,77	— 9,2		764,56	— 7,8		763,26	— 5,0		762,25	— 6,6		— 4,8	—11,9	Beau	S. E.
14	760,88	— 5,0		759,82	+ 1,2		759,85	+ 4,3		762,21	+ 1,5		+ 4,4	— 7,8	Beau	E. S. E.
15	765,07	— 0,6		765,24	+ 1,6		764,45	+ 2,3		762,63	+ 2,4		+ 2,3	— 3,7	Couvert	S. S. E.
16	754,15	+ 5,4		754,56	+ 7,7		755,30	+ 7,8		756,14	+ 3,8		+ 8,0	+ 1,9	Nuageux	O.
17	747,11	+ 3,7		745,78	+ 5,0		745,98	+ 6,8		750,55	+ 6,6		+ 6,0	+ 1,3	Couvert	S.
18	759,85	+ 1,7		759,56	+ 2,7		759,36	+ 5,0		757,72	+ 4,6		+ 5,2	+ 1,0	Couvert	S.
19	753,77	+ 7,5		752,67	+ 9,7		750,63	+10,8		752,54	+10,5		+11,0	+ 4,0	Couvert	S. S. O.
20	754,75	+ 7,7		754,40	+10,4		755,06	+10,7		753,14	+ 9,1		+10,9	+ 6,0	Couvert	O. S. O. fort.
21	750,35	+13,4		750,16	+13,0		750,21	+13,6		755,66	+10,4		+14,6	+ 8,0	Couvert	S. O. fort.
22	758,32	+ 6,5		756,68	+10,2		754,51	+10,9		757,24	+ 8,5		+10,9	+ 4,6	Beau	O. S. O. fort.
23	761,22	+ 5,9		759,89	+ 8,7		757,74	+10,0		755,91	+10,9		+11,1	+ 4,9	Couvert	O. S. O.
24	751,39	+10,6		748,58	+12,7		744,25	+12,1		739,29	+ 8,4		+13,1	+ 9,6	Couvert	S.S.O. tr. fort.
25	747,64	+ 5,8		748,50	+ 8,0		748,85	+ 7,9		750,15	+ 6,6		+ 8,5	+ 4,2	Légers nuages	S. O. fort.
26	743,26	+11,8		742,04	+12,8		739,71	+12,8		739,72	+ 6,6		+13,0	+ 6,0	Couvert	S. O. fort.
27	748,92	+ 6,4		749,32	+ 5,7		750,08	+ 7,5		753,63	+ 4,4		+ 8,1	+ 5,2	Beau	O.
28	752,58	+ 4,9		748,62	+ 7,0		746,07	+10,2		744,48	+12,1		+10,2	+ 2,8	Pluie	S. fort.
29	749,83	+ 9,0		751,46	+10,7		752,66	+10,7		755,34	+ 6,4		+11,1	+ 8,0	Beau	O. fort.
30	757,25	+ 5,1		756,97	+ 6,5		756,18	+ 6,6		752,84	+ 6,4		+ 6,9	+ 3,5	Couvert	O.
31	749,97	+ 7,4		749,66	+ 8,4		748,91	+ 8,8		753,18	+ 6,3		+ 8,8	+ 5,7	Couvert	S.
1	759,45	+ 0,6		759,06	+ 2,4		759,12	+ 3,3		759,72	+ 0,8		+ 4,0	— 1,4	... Moy. du 1er au 10	Pluie en centim.,
2	760,25	— 0,2		759,65	+ 2,3		759,34	+ 3,5		759,67	+ 1,7		+ 3,6	— 2,8	... Moy. du 11 au 20	Cour. 4,018
3	751,89	+ 7,9		751,09	+ 9,4		749,92	+10,1		750,68	+ 7,9		+10,6	+ 5,7	... Moy. du 21 au 31	Terr.. 3,331
	757,04	+ 2,9		756,42	+ 4,9		755,93	+ 5,8		756,49	+ 3,6		+ 6,2	+ 0,7	.... Moyennes du mois....	+ 3,4